



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PLANEACIÓN**

**CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA LA EVALUACIÓN  
SOCIECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS**

**CASO: LIBRAMIENTO DE IXMIQUILPAN**

**TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:  
ING. MARÍA ALEJANDRA VALENCIA VIZCAÍNO**

**TUTOR:  
DR. GABRIEL DE LAS NIEVES SÁNCHEZ GUERRERO  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PLANEACIÓN**

**CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**JURADO ASIGNADO:**

- Presidente: Dr. José Jesús Acosta Flores.
- Secretario: Dr. Javier Suárez Rocha.
- 1<sup>er</sup>. Vocal: Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero.
- 2<sup>do</sup>. Vocal: M.I. Sergio Zúñiga Berrera.
- 3<sup>er</sup>. Vocal: M.I. José Domingo Figueroa Palacios.

México, Ciudad Universitaria, 2020.

**TUTOR DE TESIS:**

Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero.

-----

**FIRMA**



# Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>7</b>
<b>PREFACIO.....</b>	<b>8</b>
<b>1. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>9</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	9
1.2. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN.....	10
1.3. OBJETIVO .....	11
1.4. ALCANCES .....	11
<b>2. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>12</b>
2.1. EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA O PROYECTO .....	12
2.1.1. <i>Clasificación de la Evaluación</i> .....	12
2.2. LA EVALUACIÓN DENTRO DE LA PLANEACIÓN.....	15
2.2.1. <i>La Planeación vista como un Sistema</i> .....	16
2.2.1. <i>Técnicas de Planeación</i> .....	17
2.3. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA .....	19
2.3.1. <i>Clasificación de la Evaluación Socioeconómica</i> .....	19
2.3.2. <i>Metodología del Marco lógico</i> .....	23
2.3.3. <i>Metodología SHCP</i> .....	25
2.4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES .....	27
2.4.1. <i>Evolución de la EIA</i> .....	27
2.4.1. <i>Metodología SEMARNAT</i> .....	27
2.5. LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD SOCIOECONÓMICA .....	30
<b>3. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR AMBIENTAL MÁS RELEVANTE DE PROYECTOS CARRETEROS.....</b>	<b>31</b>
3.1. PASO 1: EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO CARRETERO VISTO COMO UN SISTEMA.....	32
3.2. PASO 2: ANÁLISIS SISTÉMICO .....	37
3.3. PASO 3: ENCUESTA A EXPERTOS.....	39
3.4. PASO 4: SELECCIÓN DEL ASPECTO MÁS RELEVANTE CON ENCUESTA TIPO DELPHI Y AHP .....	42
3.4.1. <i>Primera (1) Ronda</i> .....	51
3.4.2. <i>Segunda (2) Ronda</i> .....	57
3.5. PASO 5: CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR.....	60
3.5.1. <i>Parámetro 1</i> .....	61
3.5.2. <i>Parámetro 2</i> .....	64
3.5.3. <i>Parámetro 3</i> .....	65
3.5.4. <i>Indicador</i> .....	66
<b>4. ESTUDIO DE CASO: LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN “NUEVO TRAZO” .....</b>	<b>67</b>
4.1. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO TRADICIONAL .....	67
4.1.1. <i>Situación actual</i> .....	67
4.1.2. <i>Situación sin Proyecto</i> .....	74
4.1.3. <i>Situación con Proyecto</i> .....	80
4.1.4. <i>Evaluación de los indicadores de Rentabilidad</i> .....	92
4.1.5. <i>Conclusiones</i> .....	95



4.2.	CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO .....	96
4.2.1.	<i>Indicador Ambiental Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”</i> .....	96
4.3.	RESULTADOS INDICADORES DE RENTABILIDAD EVALUACIÓN TRADICIONAL E INDICADOR AMBIENTAL .....	100
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>101</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>103</b>
<b>7.</b>	<b>APÉNDICES .....</b>	<b>105</b>
7.1.	APÉNDICE A. IMPACTOS AMBIENTALES EN PROYECTOS CARRETEROS.....	105
7.2.	APÉNDICE B. ENCUESTA A EXPERTOS .....	126
7.3.	APÉNDICE C. ENCUESTA A EXPERTOS TIPO DELPHI PRIMERA (1) RONDA. ....	140
7.4.	APÉNDICE D. ENCUESTA A EXPERTOS TIPO DELPHI SEGUNDA (2) RONDA. ....	220

## Tablas

Tabla 1.	Comparación de las Evaluaciones Socioeconómicas. ....	23
Tabla 2.	Matriz Marco Lógico. ....	24
Tabla 3.	Relación impactos por etapa. ....	38
Tabla 4.	Listado Expertos Encuesta Tipo Delphi Primera (1) Ronda. ....	50
Tabla 5.	Listado Expertos Encuesta Tipo Delphi Segunda (2) Ronda. ....	50
Tabla 6.	Precipitación normal 1981 - 2010. ....	62
Tabla 7.	Escala propuesta de Precipitación. ....	63
Tabla 8.	Tipo de Terreno.....	63
Tabla 9.	Valores Parámetro 1. ....	63
Tabla 10.	Escala propuesta Parámetro 1. ....	63
Tabla 11.	Escala propuesta Parámetro 2. ....	65
Tabla 12.	Escala propuesta Parámetro 2. ....	65
Tabla 13.	Escala propuesta Parámetro 2. ....	66
Tabla 14.	Escalas parámetros del indicador. ....	66
Tabla 15.	Estándar del indicador. ....	66
Tabla 16.	Datos de la oferta en situación Actual. ....	70
Tabla 17.	Demanda de la Situación actual con congestión. ....	71
Tabla 18.	Demanda de la Situación Actual sin congestión. ....	71
Tabla 19.	Interacción Oferta-Demanda con congestión.....	73
Tabla 20.	Interacción Oferta-Demanda sin congestión. ....	73
Tabla 21.	Costo de las optimizaciones.....	74
Tabla 22.	Situación actual optimizada .....	74
Tabla 23.	Datos de la oferta en situación optimizada. ....	75
Tabla 24.	Demanda Sin Proyecto, con congestión. ....	75
Tabla 25.	Demanda Sin Proyecto, sin congestión.....	75
Tabla 26.	Interacción Oferta-Demanda con congestión.....	76
Tabla 27.	Interacción Oferta-Demanda sin congestión. ....	77
Tabla 28.	Comparación Técnica y Económica de las alternativas.....	79
Tabla 29.	Características geométricas del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	81
Tabla 30.	Relación de estructuras del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” (1 de 2).....	82
Tabla 31.	Relación de estructuras del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” (2 de 2).....	82
Tabla 32.	Descripción del calendario de inversión del Proyecto. ....	83
Tabla 33.	Coordenadas de inicio y fin del proyecto.....	85
Tabla 34.	Descripción del calendario de actividades de la construcción.....	86



Tabla 35. Monto Total de Inversión. ....	87
Tabla 36. Fuente de Financiamiento. ....	87
Tabla 37. Capacidad Instalada. ....	88
Tabla 38. Metas anuales y totales de producción. ....	89
Tabla 39. Datos de la Oferta. ....	90
Tabla 40. Demanda de la Situación con Proyecto, con congestión. ....	91
Tabla 41. Demanda de la Situación con Proyecto, sin congestión. ....	91
Tabla 42. Inversión total del Proyecto. ....	92
Tabla 43. Mantenimiento y Conservación (Miles de pesos/año) del Proyecto. ....	92
Tabla 44. Configuración del valor del tiempo Tamos 1, 2 y A. ....	93
Tabla 45. Configuración del valor del tiempo Tamos 3, 4 B y C. ....	93
Tabla 46. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del Proyecto. ....	94
Tabla 47. Parámetros para obtener los costos de operación vehicular VOCMEX. ....	94
Tabla 48. Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del Proyecto. ....	94
Tabla 49. Beneficios intangibles directos e indirectos. ....	95
Tabla 50. Indicadores de rentabilidad. ....	95
Tabla 51. Escala Precipitación Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	96
Tabla 52. Datos de la Oferta Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	97
Tabla 53. Tipo de Terreno Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	97
Tabla 54. Valores Parámetro 1 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	97
Tabla 55. Escala Parámetro 1 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	97
Tabla 56. Puentes Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	97
Tabla 57. Escala Parámetro 2 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	98
Tabla 58. Obras Subterráneas Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	99
Tabla 59. Escala Parámetro 3 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”. ....	99
Tabla 60. Estándar del indicador. ....	100
Tabla 61. Indicadores de rentabilidad Socioeconómica. ....	100
Tabla 62. Indicador Impacto Ambiental al AGUA. ....	100
Tabla 63. Evaluación multicriterio propuesta. ....	101

## Gráficas

Gráfica 1. Resultados pregunta 1, Impactos Ambientales durante la preparación del Proyecto. ....	41
Gráfica 2. Resultados pregunta 2, Impactos Ambientales durante la construcción del Proyecto. ....	41
Gráfica 3. Resultados pregunta 3, Impactos Ambientales durante el mantenimiento y operación del Proyecto. ....	42
Gráfica 4. Resultados pregunta 1, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda. ....	51
Gráfica 5. Resultados pregunta 2, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda. ....	52
Gráfica 6. Resultados pregunta 3, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda. ....	53
Gráfica 7. Resultados pregunta 4, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda. ....	54
Gráfica 8. Resultados pregunta 5, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda. ....	54
Gráfica 9. Resultados finales, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda. ....	55
Gráfica 10. Clases de Impactos más relevantes, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 2 Ronda. ....	57



## Glosario

- ACB:** Análisis Costo Beneficio.
- ACE:** Análisis Costo Eficiencia.
- AHP:** Técnica de Jerarquización Analítica.
- BID:** Banco Interamericano de Desarrollo.
- B/C:** Relación Beneficio Costo.
- BM:** Banco Mundial.
- CAE:** Costo Anual Equivalente.
- CBD:** Caribbean Development Bank.
- C-E:** Causa Efecto.
- CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- DGIRA:** Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.
- EIA:** Evaluación Impacto Ambiental.
- ELECTRE:** Elimination Et Choix Traduisant la Réalité.
- FIDA:** Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.
- FMI:** Fondo Monetario Internacional.
- INE:** Instituto Nacional de Ecología.
- MML:** Metodología del Marco Lógico.
- OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- PROMETHE:** Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation.
- SEMARNAT:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEDESOL:** Secretaría de Desarrollo Social.
- SHCP:** Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- TGN:** Técnica del Grupo Nominal.
- TIR:** Tasa Interna de Retorno.
- TKJ:** Team Kawakita Jiro.
- TRI:** Tasa de Rentabilidad Inmediata.
- TSD:** Tasa Social de Descuento.
- UNICEF:** Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.
- VPN:** Valor Presente Neto.
- ZOPP:** Ziel Orientierte Projekt Planung (Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos).



## AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos... El apartado más complejo de redactar dentro de todo este trabajo de investigación, pues son tantos los sentimientos y emociones para tantas personas que llegué a pensar en omitir este paso, sin embargo, el no hacerlo me hubiera dejado una insatisfacción y un vacío al no agradecer como se debe a cada una de las personas que contribuyeron a que hoy yo esté sentada en esta silla concluyendo mi Tesis de Maestría.

Mi primer y más importante agradecimiento es para una luz que me ilumina día a día, a la que me aferro cuando el mundo se voltea y me encuentro inestable, a esa luz que hoy brilla más que nunca, esa misma que alguna vez llamé Mamá y que hoy, es pura esencia y enseñanza. A mi Papá, por impulsarme a hacer de la mejor manera todo lo que me proponga y por ser mi nuevo mejor amigo, además de a toda mi familia en Colombia por estar siempre, así no sea presencialmente, pues están en mis recuerdos y mi corazón.

Al Doctor Gabriel, por haber hecho realidad mi sueño de tener mi Maestría, pues como maestro y director de tesis me inspiró a ser la mejor y a hacer lo mejor posible con mis estudios y este trabajo de investigación. Deseo algún día contar con un poco de su integridad, disciplina y esa magia de ser experto en muchos temas y ver el mundo desde distintas aristas; reitero Doctor, es usted una inspiración para mí.

A los sinodales, de los cuales muchos fueron mis profesores en este camino, pues su formación y enseñanzas están plasmadas en este documento, gracias por su tiempo y su buena voluntad.

Agradezco también a la persona que me permitió trabajar y vivir en este país maravilloso, pues no solo ha sido la persona que creyó en mí sin apenas conocerme, sino que ha estado presente en todo mi desarrollo profesional, Juan, gracias por animarme y permitirme culminar mis estudios.

A mis grandes amigos, los cuales no son pocos y tuvieron que aguantar mis largas conversaciones de temas que ni siquiera eran de su interés, a todos, gracias por apoyarme y estar conmigo incondicionalmente; especialmente quiero destacar a dos personas fundamentales en este proceso, las cuales considero parte de mi familia y también de estos estudios, pues no solo me apoyaron sino contribuyeron con su cariño, paciencia y conocimiento; a ustedes, Carla y Dante, gracias infinitas por haberme dado el impulso de iniciar este sueño y estar en todo el proceso conmigo animándome cuando sentía que no podía seguir, los quiero mucho y esto es también de ustedes.

A los Expertos que dedicaron su tiempo a sustentar cada una de sus respuestas, su aportación a este trabajo es invaluable, gracias a su experiencia y conocimiento se lograron obtener resultados sólidos y racionales. Quisiera también resaltar a una persona que hizo posible el contactar con la mayoría de los Expertos, Citlali a ti muchas gracias por mostrarme que la ayuda desinteresada es algo que debe ser inherente al ser humano.

No quiero irme sin agradecer a esta magnífica Institución, a todos mis profesores, mis compañeros y a los grandes amigos que me llevo, pues gracias a este maravilloso conjunto, me redescubrí como profesional y me queda la satisfacción de haber crecido como persona.

Por último, gracias a usted, el que está leyendo esto, espero que su tiempo de lectura dentro de este trabajo de investigación sea provechoso.



## PREFACIO

El proceso de Planeación cuenta con al menos tres etapas referentes al Diagnóstico, a la Preinscripción, y a la Evaluación y Control. Estas, buscan mostrar la naturaleza, orígenes y consecuencias de un problema; además de valorar la factibilidad de sus posibles soluciones, y seleccionar la más viable y factible; y, por último, revisar si los objetivos planteados en la solución seleccionada se cumplen o no, respectivamente.

La etapa de Evaluación y Control de un Proyecto cuenta con distintas clasificaciones ligadas al tiempo, al evaluador y a la escala. Adicionalmente, se tiene una clasificación que depende de la naturaleza de los Proyectos, en las que se distingue la Evaluación Financiera, Económica, Socioeconómica, Ambiental y Técnica; donde cada una desde su especialización definen la viabilidad y factibilidad de un Proyecto.

Actualmente en México, la Evaluación Socioeconómica es la encargada de establecer si un Proyecto Público es viable, a través de la construcción de Indicadores de Rentabilidad. Dicha Evaluación, además es la responsable de que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) genere, en su caso, el recurso necesario para desarrollar el Proyecto; y si bien se requiere que las Evaluaciones como la Ambiental y Técnica presenten sus conclusiones o porcentaje de avance, estas se realizan de manera independiente y en ocasiones a destiempo, lo que genera disparidad en los resultados de cada una de ellas.

A lo largo de los años, se han realizado investigaciones para que las Evaluaciones Socioeconómicas sean más integrales, se destaca el trabajo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual generó un documento en el que se describen metodologías que permiten incluir todos los impactos ambientales del Proyecto dentro de los costos y los beneficios de la Evaluación Socioeconómica. Sin embargo, para realizar dichas Evaluaciones integrales, se requiere de una amplia experiencia ambiental y mayores recursos económicos, y de tiempo, lo que dificulta su elaboración.

Por esto último, este trabajo de investigación busca robustecer la Evaluación Socioeconómica de Proyectos Carreteros, a través de la construcción de un Indicador Ambiental que pueda ser incluido sin que el evaluador goce de una experiencia específica ambiental con los mismos recursos económicos de la Evaluación tradicional y poco tiempo invertido. Todo esto, con la intención de que futuros estudios generen más indicadores ambientales y técnicos que faciliten la toma de decisiones racional y anticipada sobre la viabilidad de proyectos.

La construcción del Indicador Ambiental se llevó a cabo mediante herramientas de Planeación, como el Análisis Sistemático, La Técnica de Jerarquización Analítica y la Encuesta a Expertos, los cuales permitieron establecer que el medio físico más afectado por el desarrollo de los Proyectos Carreteros es el **“AGUA”**, y el aspecto más relevante es **“la modificación de flujos subterráneos y superficiales y el efecto barrera”**. Cabe mencionar, que el Indicador construido resalta el impacto del aspecto más relevante, pero para tener un panorama más integral, sería necesario contar con Indicadores de cada uno de los medios físicos y todos los aspectos que se incluyen en estos.

Dentro de este trabajo, la primera parte define la problemática, los alcances y los objetivos de este. En la segunda parte se define la Evaluación, sus tipos y la relación de esta con los Procesos de Planeación, además de mostrar las metodologías actualmente utilizadas para la Evaluación Socioeconómica y Ambiental en México. En la tercera sección, se define la metodología para construir el Indicador, a través de cinco (5) pasos que integran la construcción de un Sistema que plasma el ciclo de vida de un Proyecto de Infraestructura Carretera, el Análisis Sistemático del mismo y la realización de encuestas a Expertos para definir el medio impactado (agua, suelo, aire, clima, ruido y fauna) y el aspecto más relevante. La cuarta



parte, desarrolla el Estudio de Caso concerniente al Análisis Costo Beneficio (ACB) del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”, en el que se desarrolla la Evaluación tradicional, y se incluye el Indicador Ambiental que permite tener una visión más integral para la toma de decisiones. En la quinta parte se tienen las conclusiones y recomendaciones basadas en el trabajo de investigación.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

### 1.1. Antecedentes

El desarrollo de los Sistemas de Evaluación de Programas y Proyectos en el mundo surgió a partir de las Guerras Mundiales, ya que después de estas grandes crisis políticas, económicas y sociales, los países debían aprovechar e invertir inteligentemente los escasos recursos que poseían. Por lo anterior, se pensó en priorizar los Proyectos Económicos y Sociales, a través de Evaluaciones que permitieran tomar decisiones racionales y anticipadas para la distribución de sus recursos. En los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, Europa empezó a desarrollar Sistemas de Evaluación de Proyectos más concretos que los que se tenían anteriormente.

Los principios de la Evaluación en el mundo se encuentran en los años 50’s. Sin embargo, en Estados Unidos de América se reconocen sus inicios en los años 30’s, iniciando con el ACB de algunos Proyectos, incorporándose posteriormente la Planeación, Programación de Presupuesto y el Análisis Costo Eficiencia (ACE), y al inicio de los años 70’s se incluyeron los Análisis de Impacto Social y Ambiental, (Perevochtchikova, 2013).

Para América Latina y el Caribe, Feinstein (2015) en su artículo “Sobre el Desarrollo de los Sistemas de Evaluación en América Latina y el Caribe”, menciona las etapas por las que ha pasado la Evaluación a lo largo de los años en nuestro contexto:

- A. Primera Etapa:** se inicia en la década de los 70’s por organismos internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM), el Caribbean Development Bank (CBD), y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), los cuales financiaban y fondeaban Proyectos en la región. Estos organismos exigían a los países implementar Sistemas de Evaluación y Seguimiento, y son quienes diseñaron Evaluaciones Ex Ante para tomar decisiones racionales sobre los Proyectos que financiaban, sin embargo, estas Evaluaciones se realizaban con poca eficiencia.
- B. Segunda Etapa:** esta etapa comienza en la década de los 80’s con la realización de las Evaluaciones Ex Post de Proyectos ya implementados, sin embargo, en esta etapa se siguen presentando problemas de eficiencia dado que son los organismos de financiamiento internacional mencionados anteriormente, los que siguen realizando y diseñando estos Sistemas de Evaluación, los cuales se contextualizaron de manera general sin considerar las diferencias entre los países y los Proyectos.
- C. Tercera Etapa:** durante la década de los 90’s se consolidó la tercera etapa, dentro de la cual algunos países de la región como México, Brasil, Colombia y Chile empezaron a enfocar la Evaluación dentro de sus procesos legislativos, incluyéndola en leyes y en la constitución de órganos gubernamentales que siguieran y desarrollaran la Evaluación de sus Proyectos.



- D. Cuarta Etapa:** se consolidó en el siglo XXI hasta nuestros días, en donde más países de la región como Perú, Costa Rica y Ecuador, incluyeron Sistemas de Evaluación en sus Proyectos. Adicional a esto, en esta etapa se desarrollaron Evaluaciones por parte de la sociedad civil, marcando la pauta de que un buen gobierno es aquel que evalúa constantemente sus Programas y Proyectos e involucra la opinión de la sociedad en las mismas.

Con relación a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), en México se pueden identificar tres etapas de desarrollo de acuerdo con Perevochtchikova (2013):

1. **Enfoque Higienista (1970):** se aprobó la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, la Ley Federal para la Protección al Ambiente, y las funciones incorporadas por la Secretaría de Salud y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
2. **Enfoque Urbano (1980):** se formuló la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, y la asunción de las funciones ecológicas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
3. **Enfoque Integral (1990-2000):** se crearon diferentes instituciones federales, como la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con su transición en 2000 hacia la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y con el establecimiento de la estructura interna de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA).

## 1.2. Problemática y Justificación

Dentro del proceso de Planeación y la toma racional y anticipada de decisiones para Proyectos de carácter público, como lo son la construcción de presas, acueductos, centrales eléctricas, hospitales, escuelas, parques y carreteras, entre otras; actualmente se cuenta con herramientas de Evaluación Económica, Socioeconómica, Ambiental, Técnica, Lega y de Riesgos que permiten determinar la viabilidad económica y factibilidad operativa de los mismos, (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2020, Art. 26 y 27).

De acuerdo con García Hoyos (2008), las Evaluación Financiera, Económica y Socioeconómica se pueden definir según lo siguiente:

- **Evaluación Financiera:** Mide la eficiencia del capital social y determina la rentabilidad del capital privado.
- **Evaluación Económica:** Mide la eficiencia del monto total de inversión del Proyecto.
- **Evaluación Socioeconómica:** Mide la eficiencia del rendimiento total del Proyecto mediante los beneficios que generará el mismo.

Por otro lado, los otros tipos de Evaluaciones se definen cómo:

- **Evaluación Ambiental:** Mide los impactos ambientales directos e indirectos de un Proyecto. (Perevochtchikova, 2013, p. 288).
- **Evaluación Técnica:** Analiza la factibilidad de realizar el Proyecto. (Kendall & Kendall, 1997, p. 53).



- **Evaluación Legal:** Revisa que el Proyecto cumpla con las disposiciones jurídicas federales, estatales y municipales aplicables. (SHCP, 2018, Cap. 1)
- **Evaluación de Riesgos:** Identifica, describe y mide las probabilidades de ocurrencia de todos los impactos que tendrá el Proyecto. (SHCP, 2012, p. 71)

Para el caso específico de México, de acuerdo con los “Lineamientos para Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de inversión” de la SHCP (2015), la Evaluación Socioeconómica es la responsable de incluir una descripción conceptual de las conclusiones de las demás Evaluaciones o, en su caso, los avances que se tengan de las mismas, además de establecer los Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica.

De acuerdo con los mismos Lineamientos, los Indicadores de Rentabilidad utilizados en la Evaluación Socioeconómica, se centran en determinar si los beneficios socioeconómicos en un horizonte de Evaluación superan los costos totales del Proyecto, incluyendo la inversión inicial, y los costos de operación y mantenimiento. Cabe mencionar que las conclusiones y recomendaciones de dicha Evaluación son las responsables de que la SHCP genere el recurso fiscal para desarrollar los Proyectos de carácter público.

A lo largo de la historia, se han hecho algunas propuestas de Evaluaciones Socioeconómicas Integrales que pretenden monetizar las externalidades, es decir, los impactos ambientales, esto con el propósito de robustecerla y poder generar una toma de decisiones más amplia, sin embargo, estos esfuerzos se han visto limitados en la práctica por el grado de expertise que se requiere para concluirlos.

El caso más concreto y de directrices para los países de América Latina, es la publicación de Dixon (2012), que realizó una Nota Técnica para el BID titulada “Economic Cost – Benefit Analysis (CBA) of Project Environmental Impacts and Mitigation Measures”, en la cual se determinan algunas metodologías para generar Evaluaciones Integrales; sin embargo, como lo menciona la misma publicación, para poder llegar a realizarlas se requiere de tiempo, dinero y una experiencia diferente a la del evaluador socioeconómico, pues debe tener especialización específica en temas ambientales. Es por esto, que este trabajo busca concretar un Indicador Ambiental de fácil utilización y que pueda ser construido con poca experiencia y dinero, para que un evaluador pueda incluirlo en la Evaluación Socioeconómica tradicional y así ampliar el proceso de Planeación, tomando decisiones globales y racionales.

### **1.3. Objetivo**

Construir un Indicador Ambiental que pueda ser incluido en la Evaluación Socioeconómica de Proyectos Carreteros en México, especialmente en el ACB, identificando el medio más afectado y con mayor impacto en el ambiente, durante el ciclo de vida de dichos Proyectos.

### **1.4. Alcances**

Este trabajo pretende entregar un análisis para la identificación del medio físico y el aspecto más afectado por el desarrollo de Proyectos Carreteros, así como construir un Indicador Ambiental que sirva en la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de dichos Proyectos.



## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1. Evaluación de un Programa o Proyecto

No existe una definición única de la Evaluación, pues en la literatura se encuentran diferentes conceptos de acuerdo a cada autor, para Nirenberg, Brawerman, & Ruiz (2000), la Evaluación es “una actividad programada de reflexión sobre la acción, basada en procedimientos sistemáticos de recolección, análisis e interpretación de información, con la finalidad de emitir juicios valorativos fundamentados y comunicables sobre las actividades, resultados e impactos de Programas o Proyectos, y formular recomendaciones para tomar decisiones que permitan ajustar la acción presente y mejorar la acción futura”.

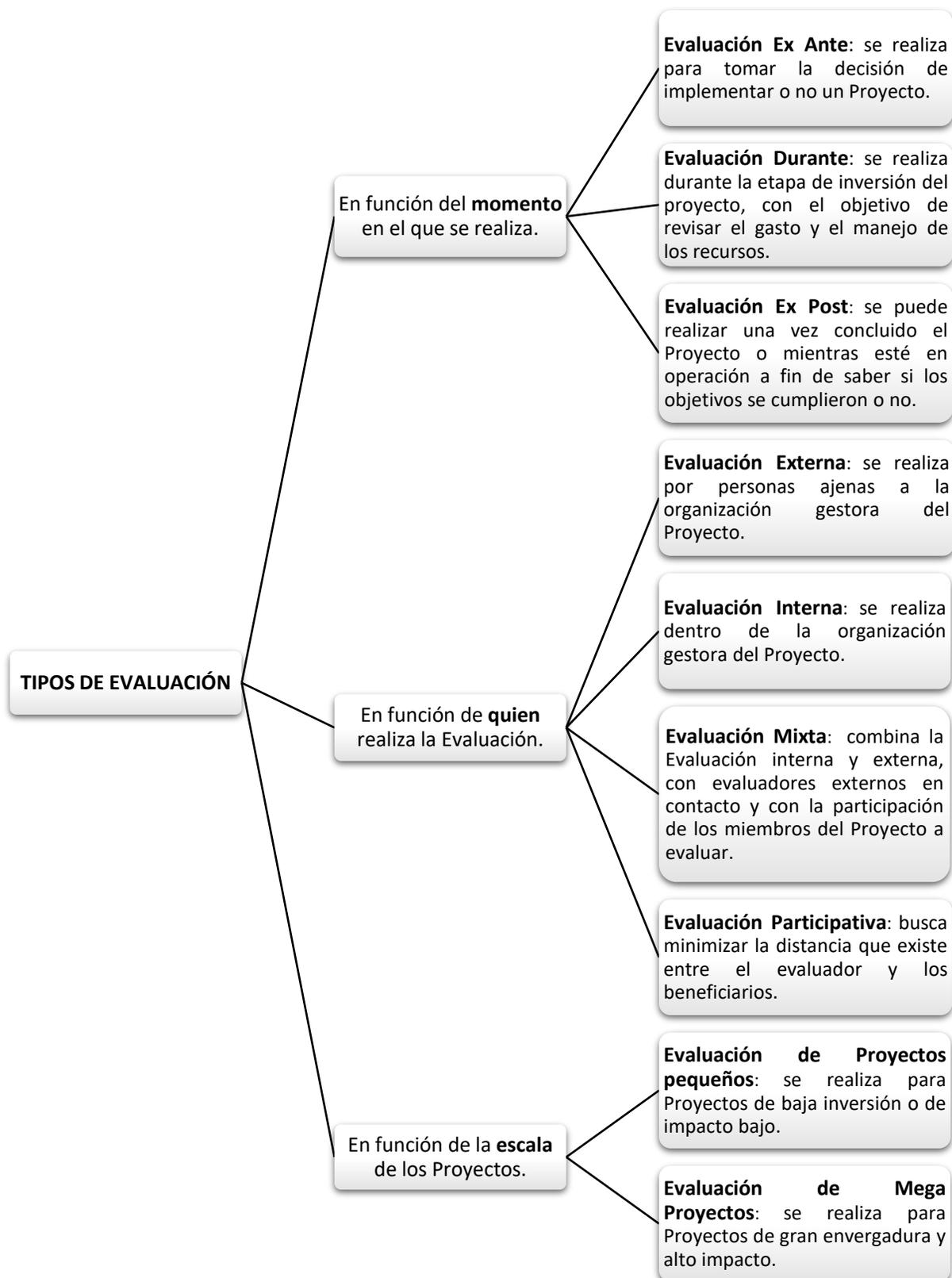
Por otro lado, Quispe Limaylla (2004), hace una recopilación cronológica de diversos autores especializados en el tema, en la que se define la Evaluación como sigue:

- Tayler (1950), definió la Evaluación como el proceso de determinar hasta qué punto los objetivos de un Programa fueron alcanzados.
- Schuman (1967), conceptualizó que la Evaluación es la determinación de resultados logrados por alguna actividad previamente diseñada con el fin de afianzar algún propósito de valor.
- Stufflebeam (1971), la mencionó como el proceso de delinear, obtener y probar información útil para juzgar alternativas de decisión.
- El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) (1991), la conceptualizó como un proceso que intenta determinar, de la manera más sistemática y objetiva posible, la pertinencia, eficacia, eficiencia, e impacto de las acciones con respecto a objetivos específicos.
- La Organización Mundial de la Salud (OMS) (1988), generó una definición integral de la Evaluación como un medio sistemático de aprender y de analizar las lecciones aprendidas para el mejoramiento de las actividades en curso y para el fomento de una planificación más satisfactoria, mediante una elección rigurosa ante distintas posibilidades de acción futura.

Es por esto, que la Evaluación se puede definir como un proceso sistemático que delinea, recolecta y analiza información útil, con el objetivo de emitir juicios valorativos respecto a la pertinencia, eficacia, eficiencia e impacto de los objetivos de un Programa o Proyecto, a fin de analizar las lecciones aprendidas, formular recomendaciones para corregir una acción presente y fomentar una planificación más satisfactoria de una posible acción futura.

#### 2.1.1. Clasificación de la Evaluación

Para Cohen & Franco (1992), existen diferentes tipos de Evaluación, las cuales pueden ser esquematizadas de acuerdo con el momento, el evaluador y la escala del Proyecto, como se muestra en la figura 1.



**Figura No 1. Tipos de Evaluación.**

Fuente: Elaboración Propia, basado en Cohen & Franco (1992, pp.109-120).



La Evaluación de Programas o Proyectos, de acuerdo con García Hoyos (2008), se puede clasificar de acuerdo con su vocación:

**Evaluación Financiera:** es una Evaluación con ánimo de lucro, que pretende medir la eficiencia del capital social con el que se pretende financiar un Proyecto. En pocas palabras, busca determinar la ganancia o Rentabilidad del capital privado.

Esta Evaluación está determinada generalmente por la Metodología de Flujo de Caja Descontado (Discounted Free Cash Flow en inglés).

**Evaluación Económica:** del mismo modo que la Evaluación Financiera, es una Evaluación con ánimo de lucro, que pretende medir la eficiencia de todo el monto de inversión de un Proyecto incluyendo el capital social y créditos o financiamientos.

**Evaluación Social y/o Socioeconómica:** esta es una Evaluación sin ánimo de lucro, pues busca medir la eficiencia de los recursos invertidos a través de criterios macroeconómicos de tipo social; incluyendo la disponibilidad al consumo global, la liberación de recursos productivos, el crecimiento económico y la redistribución del ingreso, entre otros.

Para hablar de Evaluación Social y/o Socioeconómica, se debe tener en consideración la medición del rendimiento total mediante los beneficios sociales netos que genere el Proyecto.

A diferencia de la Evaluación Económica y Financiera, la Evaluación Social no deriva el concepto de “ingreso o beneficio” a través de los estados financieros, sino que el cálculo del beneficio neto se realiza a partir de todos los efectos externos del mercado, los cuales se miden en términos de costos de oportunidad que tienen todos los recursos físicos, monetarios y humanos utilizados en el Proyecto.

Esta Evaluación se realiza generalmente a través del ACB, el ACE y el Análisis Costo Efectividad.

Cabe mencionar que existen otras Evaluaciones consideradas para la realización de un Programa y/o Proyecto, como son **la Evaluación Ambiental, la Evaluación Técnica, la Evaluación Legal y la Evaluación de Riesgos**, las dos primeras generalmente se realizan a través de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), y el Proyecto Ejecutivo (PE), respectivamente:

**Evaluación Ambiental:** para Perevochtchikova (2013), la Evaluación Ambiental reconoce los impactos ambientales directos e indirectos de un Proyecto, además de considerar las medidas necesarias para contrarrestar los efectos negativos de dichos impactos, identificando tres componentes: ecosistémico (atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera), administrativo (aspectos organizativos, políticos, socioeconómicos) e investigación (básica y aplicada, monitoreo y educación ambiental).

**Evaluación Técnica:** de acuerdo con Kendall & Kendall (1997), la Evaluación Técnica analiza la factibilidad de realizar el Proyecto, revisando que los recursos operacionales, de diseño, de ingeniería y de implementación sean los más adecuados para el Proyecto.

**Evaluación Legal:** de acuerdo con los Lineamientos para los Dictámenes de los Proyectos de la SHCP (2018), se establece que la Evaluación Legal, es aquella revisión del cumplimiento de todas las disposiciones jurídicas aplicables desde el punto de vista federal, estatal y municipal de acuerdo con la naturaleza del proyecto.



**Evaluación de Riesgos:** con relación a la Evaluación de Riesgos, la SHCP (2012), define como riesgo a todo evento incierto que en caso de ocurrir tendrá siempre un efecto negativo o positivo en el desarrollo del Proyecto. Adicional a esto, establece que dicha Evaluación está orientada a identificar, describir y medir las probabilidades de ocurrencia de todos los impactos que tendrá el proyecto.

En el caso específico de este trabajo, se ahondará en la Evaluación Ex Ante de tipo Socioeconómica para megaproyectos, con la incorporación de algunos criterios de la Evaluación Ambiental.

## 2.2. La Evaluación dentro de la Planeación

Para poder hablar de la Evaluación dentro de la Planeación, es necesario conocer que es Planeación. En el mismo sentido de la Evaluación, la Planeación, de acuerdo con Sánchez Lara (2018), se tienen diferentes definiciones según el autor, por lo que hace una recopilación de las definiciones a lo largo de la historia, ver Figura 2:



**Figura No 2. Definiciones de Planeación.**

*Fuente: Elaboración Propia, basado en Sánchez Lara (2018, p. 32).*

Se puede concluir que la planeación, de acuerdo con estos autores, es un proceso que se realiza para tomar decisiones sobre las necesidades existentes o anticipadas, diseñando un futuro deseado con visión sistémica, así como los medios efectivos para alcanzarlo a través de la formulación e implementación de Políticas, Programas y Proyectos.



La Metodología de Planeación cuenta con al menos tres etapas fundamentales para su desarrollo: Diagnóstico; Preinscripción; e Implementación, Evaluación y Control (Sánchez Lara, 2018). Las cuales se describen a continuación:

**Diagnóstico.** Debe mostrar la naturaleza y los orígenes de los problemas. En esta etapa se identifican las "brechas" del estado deseado contra el estado actual de la organización, buscando así los criterios de comparación y generación de planes.

**Preinscripción.** En esta etapa se valora la factibilidad de los planes propuestos en el diagnóstico y se generan alternativas de solución, las cuales se estudian de acuerdo con las viabilidades que correspondan. Se concretan los planes, Programas y Proyectos para alcanzar el estado deseado.

**Implementación, Evaluación y Control.** Disciplina integrada por principios, metodologías, métodos, técnicas y herramientas, que busca encontrar si se cumplieron los objetivos planteados en las etapas anteriores. El control es una etapa posterior a la Evaluación y permite corregir o ajustar las brechas.

### 2.2.1. La Planeación vista como un Sistema

Un Sistema es un conjunto de elementos interrelacionados, es decir, cada uno de los elementos del Sistema está conectado a todos los demás elementos, directa o indirectamente. (Ackoff, 1971). Adicional a esto, se entiende que todo Sistema tiene:

- Un proceso
- Un propósito
- Una acción/reacción
- Una respuesta
- Un comportamiento
- Objetivos y retos

En el mismo sentido, un Sistema útil debe tener funciones enfocadas en aprender rápido, ser eficientes (en cuanto al resultado esperado) y ser adaptables al entorno para mantener la supervivencia de este.

Adicionalmente, las bases teóricas y metodológicas para la construcción de esquemas conceptuales se apoyan en el pensamiento sistémico. Esta manera de pensar permite a un individuo comprender el significado de un objeto a partir de sus relaciones jerárquicas como un todo, más que entenderlo exclusivamente a partir de sus componentes (Sánchez Guerrero, 2016, p. 32). La Figura 3 muestra la planeación vista como un Sistema, en la que se encuentran tres Subsistemas que han sido mencionados anteriormente como etapas: Diagnóstico, Diseño de soluciones e Implementación. Dichos Subsistemas incluyen a la Evaluación de la siguiente manera:

#### **Subsistema Diagnóstico:**

En esta etapa, la Evaluación se realiza una vez se planteen estados de insatisfacción, se defina una situación actual problemática o de necesidad, el pasado de esta y su escenario tendencial a futuro, además de la construcción de un estado deseado a través de escenarios normativos y formulación de objetivos con el propósito de generar problemas a solucionar.



### **Subsistema Diseño de soluciones:**

Para el diseño de soluciones, la Evaluación juega un papel trascendental dado que, una vez generadas las alternativas de solución, estas se evaluarán a través de criterios y parámetros externos e internos con el propósito de generar planes tácticos, estratégicos y/o prospectivos según sea el caso, y la constitución de Programas y Proyectos que contribuirán al cumplimiento de los objetivos de dichos planes.

### **Subsistema Implementación:**

La Implementación tendrá un componente de Evaluación una vez que se generen las variables, los criterios de medición y el diseño de indicadores. Estos permitirán evaluar y controlar si los objetivos planteados, que pretenden solucionar los problemas a través de Programas y Proyectos, fueron eficientes o no.

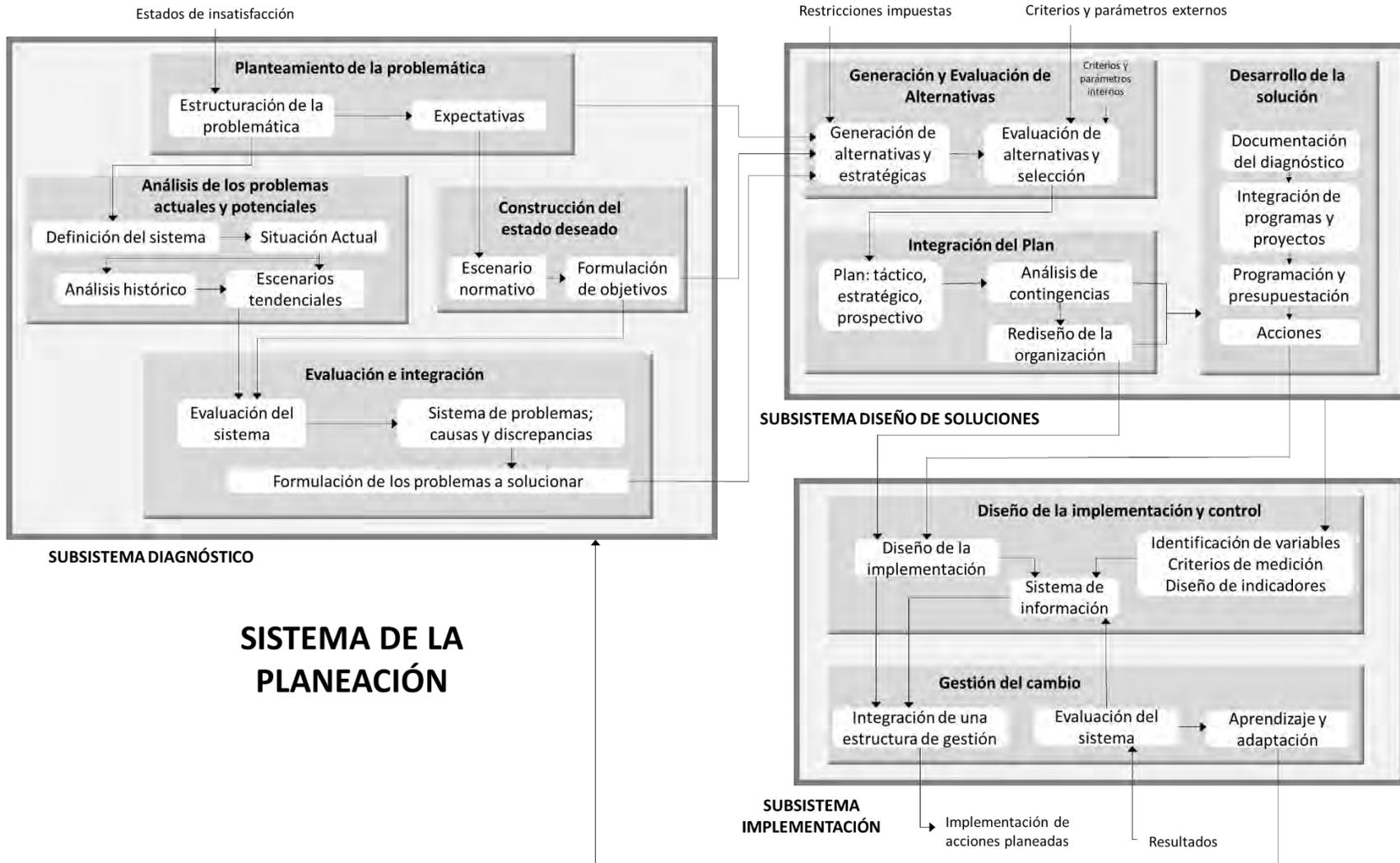
#### 2.2.1. Técnicas de Planeación

Para desarrollar el proceso de Planeación, existen técnicas, metodologías y métodos que han servido como herramienta de los facilitadores que intervienen una organización. De acuerdo con Sánchez Guerrero (2016), es relativamente fácil estructurar procesos breves de intervención de acuerdo con el problema y las circunstancias que se enfrentan, siempre que se conozcan y se practiquen las técnicas adecuadas y se cumpla con los siguientes aspectos: a) saber aplicarlas, b) conocer sus alcances y limitaciones, y c) seleccionar la más apropiada y enmarcarla en un proceso teórico – metodológico. A continuación, se presentan algunas de las técnicas heurísticas más utilizadas:

- Esquemas conceptuales
- C-E
- KT
- Redes Grupales
- TKJ Mex
- TGN
- Delphi
- AHP
- ELECTRE
- PROMETHE
- ZOPP

Cabe mencionar que dentro de las técnicas de Planeación se tienen dos clasificaciones: “duras” y “suaves”. Las “duras” visualizan los problemas como algo cuantificable y numérico y buscan una solución a partir de esta visión. Por otro lado, las “suaves” visualizan los valores, creencias y esperanzas de los involucrados de un problema y buscan una solución a través de estos componentes.

Esta tesis desarrolla los procesos metodológicos de Planeación desde un punto de vista sistémico con técnicas “duras” y “suaves”, a través de Encuestas a Expertos y el Análisis de Sistemas, con el objetivo de identificar el impacto ambiental más trascendente durante el proceso de construcción de Proyectos Carreteros en México.



**Figura No 3. Sistema de Planeación.**  
 Fuente: Elaboración Propia, basado en Sánchez Guerrero (2016, p. 41).



### 2.3. Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Infraestructura

Cuando se habla de Evaluación de Proyectos de Infraestructura para el desarrollo de un país, región o municipio, esta, siempre se relaciona con la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica que tendrá el Proyecto. La SHCP (2012), clasifica estos Proyectos en su “Manual que establece las disposiciones para determinar la Rentabilidad social, así como la conveniencia de llevar a cabo un Proyecto mediante el esquema de Asociación Público – Privada”, de la siguiente manera:

**Proyectos de Infraestructura Económica:** Proyectos que necesiten la construcción, adquisición y/o modernización incluyendo rehabilitación y mantenimiento en los sectores agua, comunicaciones y transportes, electricidad, hidrocarburos y turismo.

**Proyectos de Infraestructura Social:** Proyectos que necesiten la construcción, adquisición y/o modernización en los sectores educación, ciencia y tecnología, cultura, deporte, salud, seguridad social, urbanización, vivienda y asistencia social.

**Proyectos de Infraestructura Gubernamental:** Proyectos que necesiten la construcción, adquisición y/o modernización de activos fijos que se requieran para llevar a cabo funciones de gobierno, en las que se incluyen seguridad nacional, pública, procuración de justicia y funciones de desarrollo económico y social.

**Proyectos de inmuebles:** Proyectos que necesiten la construcción, adquisición y/o modernización de oficinas administrativas.

Esta tesis abordará principalmente la Evaluación para Proyectos de Infraestructura Económica, pues las carreteras están inmersas dentro del Sector de Comunicaciones y Transporte.

De acuerdo con Florio, y otros (2003), la Evaluación Socioeconómica analiza la contribución que tiene el Proyecto al bienestar económico de la región o del país considerado. Adicional a esto, la Evaluación se realiza desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto y no desde la del propietario de la infraestructura, como ocurre en el caso de la Evaluaciones Financiera.

#### 2.3.1. Clasificación de la Evaluación Socioeconómica

La Evaluación Socioeconómica de Proyectos está condicionada por diferentes análisis, en los que destacan el ACB, el ACE y el Análisis Costo Efectividad los cuales no son más que herramientas de toma de decisiones que utilizan los gobiernos a nivel prefactibilidad y/o factibilidad para realizar Proyectos y autorizar la puesta en marcha de los mismos, con recursos públicos y/o privados, a través de la valoración de costos, beneficios sociales y alcance de las metas que traerá consigo un Proyecto. Ver Figuras 4, 5 y 6.



## ANÁLISIS COSTO EFICIENCIA

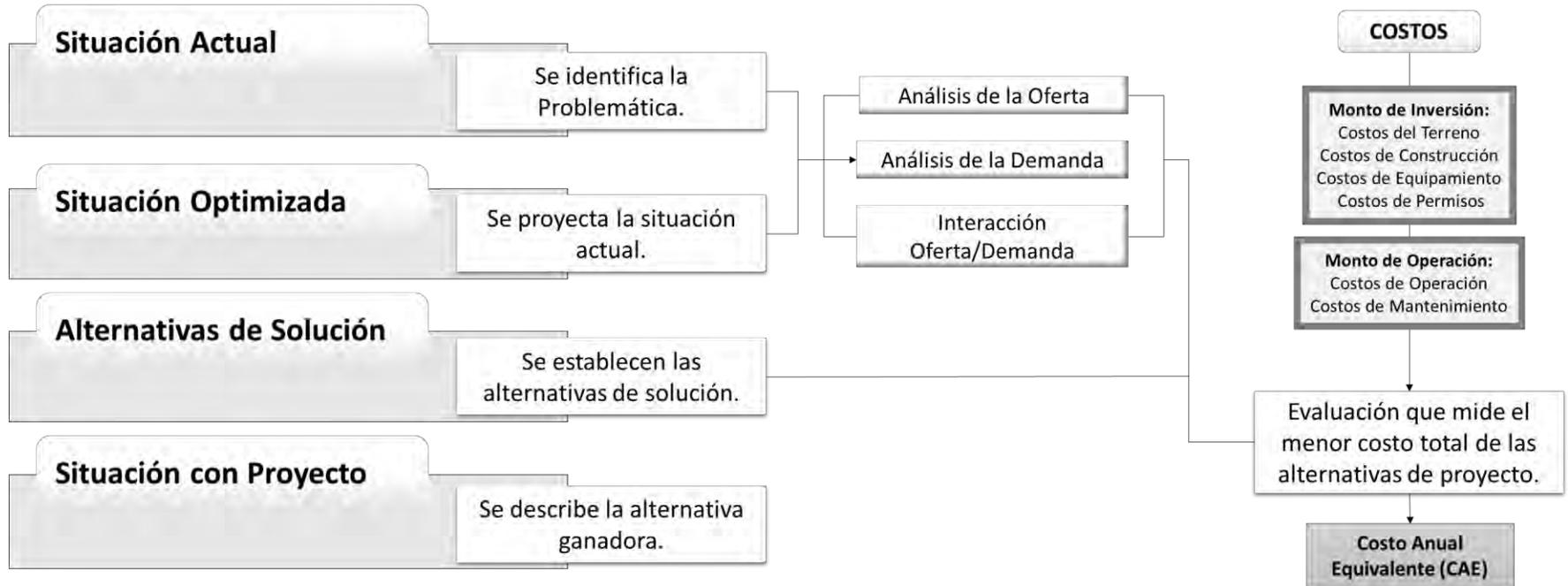


Figura No 4. Análisis Costo Eficiencia (ACE).

Fuente: Elaboración Propia, basado en Cohen & Franco (1992) y SHCP (2012).



## ANÁLISIS COSTO EFECTIVIDAD

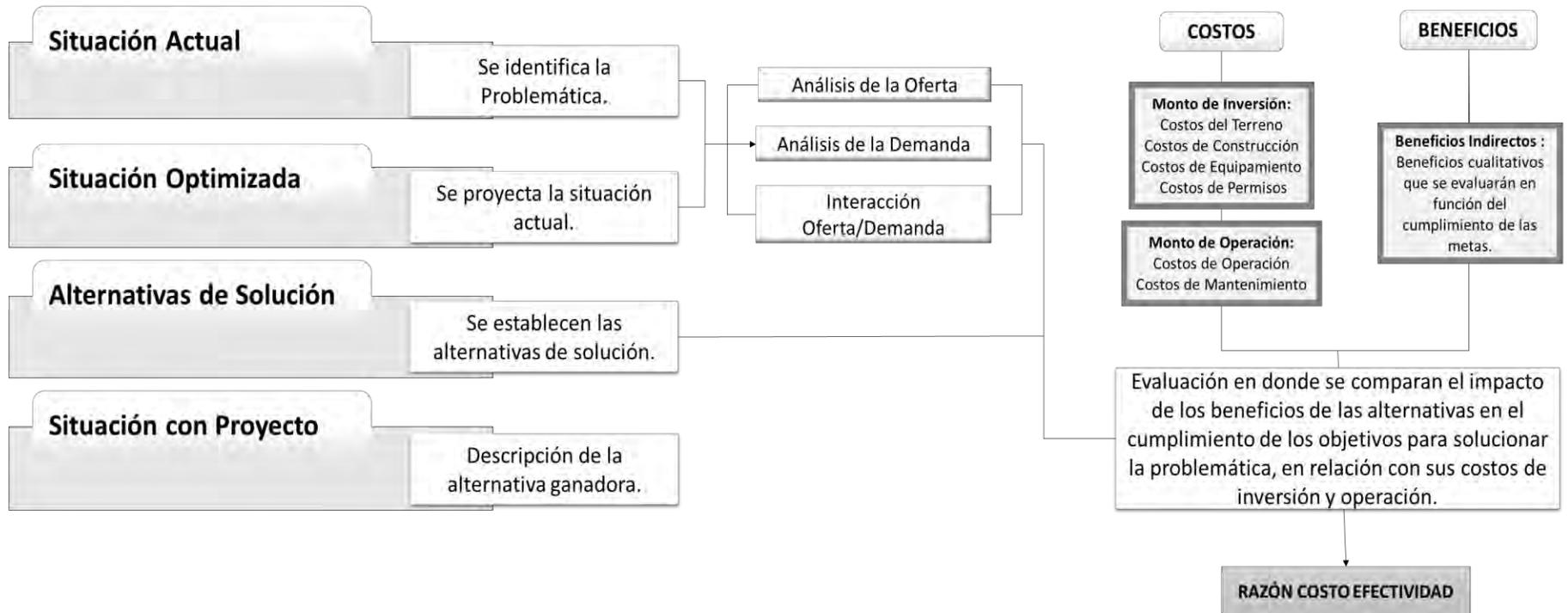


Figura No 5. Análisis Costo Efectividad.

Fuente: Elaboración Propia, basado en Cohen & Franco (1992) y SHCP (2012).



## ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

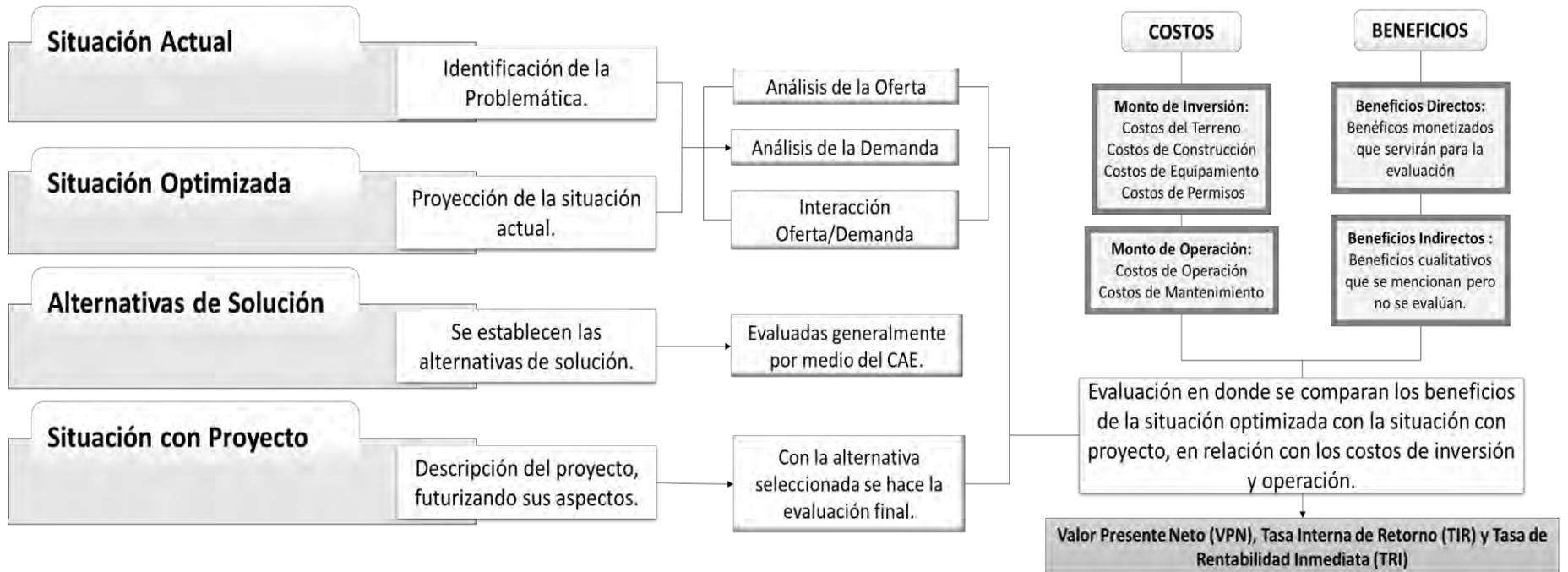


Figura No 6. Análisis Costo Beneficio (ACB).

Fuente: Elaboración Propia, basado en Cohen & Franco (1992) y SHCP (2012).



Adicional a estas Evaluaciones, también se cuenta con el Análisis Costo Riesgo, el cual evalúa el Proyecto con respecto a los riesgos que pueden llegar a mitigarse.

A continuación, se presenta una comparación resumida de la clasificación de Evaluaciones Socioeconómicas:

<b>Análisis Costo – Beneficio</b>	Cuantifica los costos y los beneficios asociados a un Programa o Proyecto.	Selección de alternativas basado en la relación entre los costos y beneficios
<b>Análisis Costo - Eficiencia</b>	Cuantifica los costos Asociados a un Programa o Proyecto.	Selección de alternativas de Solución a través del mínimo costo, con beneficios iguales.
<b>Análisis Costo – Efectividad</b>	Cuantifica los costos asociados a un Programa o Proyecto y determina el impacto de este.	Selección de alternativas de Solución a través del mínimo costo y el mayor impacto.
<b>Análisis Costo - Riesgo</b>	Cuantifica los costos asociados a un Programa o Proyecto y determina el menor riesgo.	Selección de alternativas de solución de la relación de los costos y el mínimo impacto de los riesgos.

**Tabla 1. Comparación de las Evaluaciones Socioeconómicas.**

*Fuente: Elaboración Propia, basado en Cohen & Franco (1992).*

Estos análisis, generalmente se realizan basados en la Metodología del Marco Lógico (MML), que se describe a continuación:

### 2.3.2. Metodología del Marco lógico

La MML ha sido desarrollada como una herramienta que sirve como guía en el proceso de Planeación de un Proyecto, desde su Conceptualización, Diseño y Ejecución, hasta la Evaluación de este. Actualmente, esta metodología es la base utilizada para la Evaluación de Proyectos en el mundo, principalmente en Latinoamérica y el Caribe.

Ortegón, Pacheco, & Prieto (2015), realizaron un Manual que establece la “Metodología del Marco Lógico para la Planificación, el Seguimiento y la Evaluación de Proyectos y Programas”, para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas, esta sección tiene como única referencia dicho Manual.

De acuerdo con Ortegón, Pacheco, & Prieto (2015) en la MML se reconocen dos etapas:

#### 1. Identificación del problema y alternativas de solución

Para la identificación del problema y sus alternativas de solución se analiza la situación actual, se visualiza la situación deseada y se diseñan estrategias para llegar a ella, a través de cuatro análisis:

- a. Análisis de involucrados.
- b. Análisis de problemas.
- c. Análisis de objetivos.
- d. Análisis de estrategias.
- e. Selección de la alternativa óptima.
- f. Estructura Analítica del Proyecto (EAP).



## 2. Etapa de planificación.

En esta etapa se realiza un plan operativo práctico para la ejecución del Proyecto y se realiza la Matriz de Marco Lógico. La Matriz presenta en forma resumida los aspectos más importantes del Proyecto en una estructura como la siguiente:

Un resumen narrativo de los objetivos y las actividades	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin			
Propósito			
Componentes			
Actividades			

**Tabla 2. Matriz Marco Lógico.**

Fuente: *Elaboración Propia, basado en Ortegón, Pacheco, & Prieto (2015, p .23).*

Cada uno de los elementos que componen la Matriz de Marco Lógico se describe a continuación:

### a. Resumen narrativo de objetivos.

- i. Fin.* Se refiere a una descripción de la solución al problema diagnosticado. El Fin representa un objetivo de desarrollo que ayuda a establecer el contexto en el cual el Proyecto encaja, y describe el impacto a largo plazo en el que este contribuirá. Se enfatiza que el Proyecto, en sí mismo, no será suficiente para lograr el Fin, pero es suficiente con que contribuya de manera significativa.
- ii. Propósito.* Describe el resultado esperado al final del periodo de ejecución. El título del Proyecto debe surgir directamente de la definición del Propósito. La Matriz requiere que cada Proyecto tenga solamente un Propósito para lograr la claridad de este, ya que la existencia de más de un Propósito puede ocasionar que el Proyecto se aproxime más a un objetivo al costo de alejarse de otro.
- iii. Componentes (resultados).* Los Componentes son las obras, estudios, servicios y capacitación específicos que se requieren y deben expresarse claramente. Cada uno de los Componentes del Proyecto tiene que ser necesario para lograr el Propósito. En la Matriz se definen como resultados.
- iv. Actividades.* Las Actividades son aquellas que el ejecutor tiene que llevar a cabo para producir cada Componente e implican la utilización de recursos. Es importante elaborar una lista detallada de Actividades debido a que es el punto de partida del plan de ejecución, estas deben estar en orden cronológico y agrupadas por componente.

### b. Indicadores.

Los indicadores presentan información necesaria para determinar el progreso hacia el logro de los objetivos establecidos por el Proyecto.

- i. Indicadores de fin y de propósito.* Los indicadores hacen específicos los resultados esperados en tres dimensiones: cantidad, calidad y tiempo. La Matriz debe especificar el valor mínimo necesario de los indicadores para concluir que el Propósito se ha logrado.



Los indicadores miden el cambio atribuible al Proyecto, y deben obtenerse a costo razonable, preferiblemente de las fuentes de datos existentes. Los mejores indicadores contribuyen a asegurar una buena gestión del Proyecto y permiten que los gerentes de Proyecto decidan si serán necesarios componentes adicionales o correcciones de rumbo.

- ii. **Indicadores de los componentes.** Los indicadores de los componentes son descripciones breves de estudios, capacitación y obras físicas que suministra el Proyecto.
- iii. **Indicadores de actividades.** El presupuesto del Proyecto aparece como el indicador de Actividad en la fila correspondiente.

**Evaluación de la columna de los indicadores.** Para la Evaluación deberá verificarse que:

- Los indicadores de Propósito no sean un resumen de los Componentes, sino una medida del resultado de tener los Componentes en operación;
- Los indicadores de Propósito midan lo que es importante;
- Todos los indicadores estén especificados en términos de cantidad, calidad y tiempo;
- Los indicadores para cada nivel sean diferentes a los indicadores de otros niveles;
- El presupuesto sea suficiente para llevar a cabo las Actividades identificadas.

**c. Medios de verificación.**

La Matriz de Marco Lógico indica dónde el ejecutor o el evaluador pueden obtener información acerca de los indicadores. Ello obliga a los planificadores del Proyecto a identificar fuentes de información o prever la recolección de esta.

**d. Supuestos.**

Cada Proyecto comprende una gran cantidad de riesgos que pueden hacer que fracase, por lo que la Matriz requiere que estos se identifiquen en cada etapa. El riesgo se expresa como un supuesto que debe ser cumplido para avanzar al nivel siguiente en la jerarquía de objetivos. Los supuestos representan un juicio de probabilidad de éxito del Proyecto.

### 2.3.3. Metodología SHCP

Como se mencionó anteriormente, la MML es la base de las Evaluaciones de Rentabilidad Socioeconómica de Latinoamérica y algunas partes del mundo. En México, existen los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los Análisis Costo Beneficio (ACB)” generados por la SHCP (2020), los cuales determinan los parámetros para la elaboración de:

- Ficha Técnica
- Análisis Costo Beneficio Simplificado
- Análisis Costo Beneficio
- Análisis Costo Eficiencia Simplificado
- Análisis Costo Eficiencia

Dado que esta metodología es la promulgada en las Leyes Mexicanas se utilizará para el desarrollo del estudio de caso a través del ACB; sin embargo, cabe mencionar que es una técnica “dura”, pues



monetiza y cuantifica los beneficios sociales que traerá consigo un Proyecto, dejando de lado la parte “suave”. Sin embargo, contextualiza el problema o necesidad para la sociedad y busca su mejor solución.

La SHCP en sus Lineamientos menciona que los indicadores de Rentabilidad Socioeconómica que se deben calcular en estas evaluaciones deben ser el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), y el Costo Anual Equivalente (CAE). De los Lineamientos se desprenden cinco elementos mínimos que deben contener todos los ACB que esperan ser aceptados:

**1. Situación Actual:**

Tal como en la MML, para la identificación del problema y sus alternativas de solución se deberá analizar la situación actual, en la cual se analizan las causas y las consecuencias que trae consigo el problema raíz. Adicional a esto, se deberá analizar la oferta, la demanda y el déficit que existe en la zona de influencia que se está estudiando.

**2. Situación Sin Proyecto:**

La Situación Sin Proyecto busca proyectar la situación actual en un horizonte de tiempo. Para esta proyección se parte de las *optimizaciones*, pues se asume que existirán medidas administrativas que tratarán de mejorar esta situación en el tiempo, sin embargo, no serán lo suficientemente eficientes para eliminar las causas del problema. Las optimizaciones se utilizan como medida para no sobreestimar los beneficios del Proyecto.

Adicional a esto, se deberán seleccionar las alternativas de solución a la problemática mencionada en la Situación Actual; para la selección de la mejor alternativa se utiliza el indicador CAE, el cual busca encontrar la alternativa que más hace eficiente el costo, pues parte del supuesto de que todas las alternativas planteadas proporcionan los mismos beneficios.

En caso de que las alternativas proporcionen diferentes beneficios, se utilizará el Análisis Costo Efectividad.

**3. Situación Con Proyecto:**

En esta sección se incluye la descripción general del Proyecto (alternativa ganadora); la alineación estratégica que describe la relación de los objetivos del Proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo, los Programas Sectoriales y/o Municipales según sea el caso; la localización geográfica; el calendario de actividades anuales propuestas; el monto total de inversión y su calendarización; el financiamiento sea público o privado; la descripción de los aspectos relevantes y conclusiones de estudios y/o Evaluaciones Técnicas, Legales, Ambientales y de Mercado. Además de la proyección del comportamiento de la oferta y la demanda una vez implementado el Proyecto.



#### 4. Evaluación del Proyecto:

En este apartado se deben describir los beneficios identificados en el Proyecto, los cuales se monetizan con el objeto de compararlos con los costos estimados; a fin de calcular los indicadores de Rentabilidad socioeconómica mencionados anteriormente.

#### 5. Conclusiones y recomendaciones:

En este apartado es donde se muestra el juicio de valor para que la SHCP tome la decisión de realizar el Proyecto basado en los indicadores de Rentabilidad, si bien en esta Evaluación también se incluye una matriz de riesgos (ambientales, técnicos, legales, entre otros), para la puesta en marcha del Proyecto la decisión final se basará en los indicadores de Rentabilidad.

La Evaluación muestra que un Proyecto es rentable socioeconómicamente siempre y cuando la TIR sea mayor a la TSD (Tasa Social de Descuento<sup>1</sup>). Adicionalmente, el VPN, el cual representa la Rentabilidad económica a los usuarios, debe ser mayor a cero.

Por último, la TRI debe demostrar que el periodo de construcción y la entrada en operación es factible, siempre y cuando esta sea mayor a la TSD.

### 2.4. Evaluación de Impactos Ambientales

Como se mencionó anteriormente, los Proyectos también se evalúan desde el punto de vista ambiental por medio de la EIA, en donde se muestran los impactos ambientales que traerán consigo el Proyecto y sus medidas de mitigación.

#### 2.4.1. Evolución de la EIA

Perevochtchikova (2013), hace un resumen de como la EIA ha ido adentrándose en el contexto de la Planeación de Proyectos. Estados Unidos de América, la formalizó en 1970, a través, de la publicación de la National Environmental Policy Act. Canadá siguió el ejemplo en 1975 con la primera legislación en dicha materia, reconociéndose como un país líder en política y regulación ambiental; sin embargo, no es sino hasta 1992 que el mecanismo de la EIA fue aceptado y divulgado ampliamente a nivel mundial en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. En dicha conferencia se exigió a los países incorporar en sus agendas políticas este mecanismo.

#### 2.4.1. Metodología SEMARNAT

Actualmente la SEMARNAT, es el organismo regulador de las EIA para Proyectos de desarrollo en México, es por esto, que generó diferentes Guías de presentación de estas Evaluaciones para los diferentes sectores de la construcción. Dado que esta tesis se centra en Proyectos Carreteros, se

---

<sup>1</sup> Para México se utiliza el 10 % de acuerdo con SHCP.



tomará como referencia la “Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental del Sector Vías de Comunicación” (SEMARNAT, 2002)

Esta Guía menciona que todas las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA), deben contener al menos:

I. **Datos generales del Proyecto:**

En esta sección se incluyen los datos de ubicación, sector y subsector, tipo, dimensiones y características del Proyecto.

II. **Datos generales del Promovente:**

Dado que el promovente puede ser una dependencia de gobierno, o una empresa privada e incluso una persona física se debe incluir el nombre o razón social, RFC y dirección del Promovente.

III. **Datos generales del responsable del EIA:**

Nombre o razón social, RFC, Cédula Profesional del técnico que elaboró el estudio y dirección del responsable.

IV. **Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los Programas o Planes Parciales de Desarrollo:**

En este apartado se presenta una base con los aspectos mínimos que deben considerarse en la realización del estudio. Deberá contener información respecto a los objetivos, características, naturaleza y la distribución espacial de las obras y actividades principales, además de la inversión inicial requerida del Proyecto. También incluirá información relativa con las alternativas de solución que se proyectaron en su momento para el Proyecto, así mismo la situación legal de los sitios del Proyecto, tipos de propiedad, uso actual del suelo, urbanización en el área, detección de áreas naturales protegidas, programa de obra, insumos, personal requerido y Programa de operación y mantenimiento.

Por último, se deberán señalar la generación, manejo y disposición de residuos, descargas y control de emisiones, incluyendo, además, la descripción resumida de la identificación de las posibles afectaciones al ambiente que son características del Proyecto.

V. **Vinculación con los Instrumentos de Planeación y Ordenamientos Jurídicos aplicables:**

En esta sección se deberán incluir las estrategias detalladas que el promovente pretende aplicar para garantizar que el Proyecto esté alineado estratégicamente, con los instrumentos normativos y de Planeación que apliquen, a nivel nacional, regional, sectorial y municipal.

Se incluyen matrices de concordancia y discordancia de los Planes y/o Programas, de acuerdo con la alineación que tenga el Proyecto. Adicionalmente, también se incluyen matrices de afinidad del Proyecto con las políticas de desarrollo y la utilización del suelo, agua y recursos naturales.



VI. **Descripción de Sistema Ambiental Regional y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la Región:**

El objetivo del capítulo es que el evaluador analice de manera integral el Sistema Ambiental que constituye en contorno del Proyecto, delimitando el área de estudio con criterios técnicos, normativos y de Planeación.

De igual manera, se debe caracterizar y analizar el medio ambiente con 20 años de anterioridad y así poder determinar las tendencias del Sistema Ambiental, para lo cual se debe identificar el medio físico, el medio biótico y los aspectos socioeconómico del Sistema Ambiental Regional del Proyecto. Se contará además con la identificación de las áreas críticas que son vulnerables a los impactos que generará el Proyecto, tales como ecosistemas en proceso de deterioro causado por la sobreexplotación u otras causas, sujetas a la deforestación, al aislamiento o fragmentación por cambio de uso del suelo, a la erosión, relictos, entre otros.

VII. **Identificación, Descripción y Evaluación de los Impactos Ambientales, acumulativos y residuales el Sistema Ambiental Regional:**

Pretende identificar, describir y evaluar los impactos ambientales, acumulativos y sinérgicos significativos que traerá consigo el Proyecto sobre el Sistema Ambiental Regional, por medio de:

- Construcción del escenario modificado por el Proyecto.
- Identificación y descripción de las fuentes de cambio, perturbaciones y efectos.
- Estimación cualitativa y cuantitativa de los cambios generados en el sistema ambiental regional.
- Técnicas para evaluar los impactos ambientales.
- Identificación de impactos.
- Selección y descripción de los impactos significativos.
- Evaluación de los impactos ambientales.
- Delimitación del área de influencia.

VIII. **Estrategias para la prevención y mitigación de Impactos Ambientales, acumulativos y residuales el Sistema Ambiental Regional:**

Se deberá diseñar el Programa de ejecución de mitigación de impactos al Proyecto, a través de la aplicación de medidas, acciones y políticas a seguir.

Los impactos ambientales negativos del Proyecto pueden ser prevenidos, eliminados, reducidos o se pueden compensar de acuerdo con las medidas diseñadas. Estas medidas y acciones deben presentarse por medio de un Programa Estratégico. En la descripción de cada una de las medidas de mitigación, se deberá mencionar como será abatido el impacto de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, e instrumentos normativos vigentes.



## 2.5. Los Impactos Ambientales en la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica

Uno de los mayores retos que existe actualmente en la Planeación y desarrollo de Proyectos de Infraestructura, es la inclusión de los impactos ambientales que resultan de las EIA en las Evaluaciones de Rentabilidad Socioeconómica, puesto que como se mencionó anteriormente, cada una de las Evaluaciones mide indicadores distintos. Sin embargo, en los últimos años se han realizado diversas investigaciones y se han construido métodos que permiten integrar la EIA dentro del ACB.

Dixon (2012), realizó una Nota Técnica para el BID titulada “Economic Cost – Benefit Analysis (CBA) of Project Environmental Impacts and Mitigation Measures”, la cual determina que existen dos Directivas dentro de las Políticas Operativas del Banco, para financiar Proyectos. A continuación, se presentan las directivas textuales establecidas por el BID:

La primera establece que: *“El proceso de la EIA deberá incluir como mínimo: preEvaluación y caracterización de impactos; consulta adecuada y oportuna y proceso de difusión de información; examen de alternativas, en las que se incluye como opción la alternativa sin Proyecto. La EIA debe estar respaldada por los análisis económicos de las alternativas al Proyecto y, si aplica, por Evaluaciones Económicas de Costo-Beneficio de los impactos ambientales del Proyecto y/o de las medidas de protección relacionadas”* (BID, 2006, p. 10).

La segunda menciona que: *“El Banco no respaldará operaciones que involucren una conversión significativa o la degradación de hábitats naturales tal y como se definen en la presente Política, a menos que: (i) no existan alternativas viables que el Banco considere aceptables; (ii) se hayan hecho análisis muy completos que demuestren que los beneficios totales derivados de la operación superan ampliamente sus costos ambientales y (iii) se incorporen medidas de mitigación y compensación que el Banco considere aceptables –incluyendo, según se requiera, aquellas encaminadas a minimizar la pérdida de hábitat y a establecer y mantener un área protegida ecológicamente similar y que estén adecuadamente financiadas, implementadas y supervisadas”* (BID, 2006, p. 12).

Dadas estas Directivas, Dixon (2012) pretende orientar a los evaluadores para analizar las 3 dimensiones de EIA que se pueden incluir en los ACB de Infraestructura, sin modificar ninguno de los fundamentos ni los criterios utilizados en los mismos (VPN, TIR, B/C):

**Dimensión 1 - Análisis Tradicional.** Este nivel de análisis solo contempla los impactos ambientales como riesgos, pero no considera que estos Impactos pueden contemplarse como externalidades positivas o negativas cuantificables.

**Dimensión 2 - Análisis cualitativo de Impactos Ambientales.** Este análisis si contempla los impactos ambientales como externalidades negativas y externalidades positivas, considerando como costos las negativas y como beneficios las positivas. Cabe resaltar que este análisis toma una perspectiva de bienestar social pero no toma en cuenta ninguna medida de mitigación o compensación.

**Dimensión 3 - Análisis de la valoración monetaria de Impactos Ambientales.** Esta dimensión de análisis se realiza desde una perspectiva del país o la sociedad e incorpora todos los beneficios y costos, incluyendo las variables directas al Proyecto y las variables del medio ambiente. Este análisis que incluye los costos de mitigación y los costos de daños ambientales no mitigables, se conoce



como Análisis Integral, ya que incluye todos los beneficios y costos después de la mitigación ambiental adecuada o en su caso, las medidas de compensación.

Se podría llegar a pensar que el Análisis Integral tendrá siempre unos indicadores menos optimistas que el Análisis Tradicional, pero no siempre este es el caso, dado que en ocasiones hay Proyectos que presentan más externalidades económicas positivas y estas se deberán agregar a los beneficios.

A fin de completar el Análisis Integral, Dixon (2012) expone algunas de las metodologías aceptadas para valorar los impactos ambientales en los ACB:

Estimación en el cambio de la producción: está asociada a dos técnicas relacionadas con el cambio en la producción de un bien comercializable y al costo de la enfermedad y capital humano.

Estimación de otros enfoques basados en costos: estos enfoques se utilizan cuando se dificulta estimar los beneficios ambientales directamente. Las técnicas asociadas a este punto son: el costo de reemplazo (usado generalmente para determinar el costo de contaminación), el costo de reubicación y el costo de oportunidad (generalmente para proteger un ecosistema).

Estimación de los Entrenamientos Ambientales (recreación, naturaleza y biodiversidad): asociado con las metodologías de valuación inmobiliaria (precios hedónicos), costos de viaje, método de valuación contingente y transferencia de beneficios.

Sin embargo, para realizar el Análisis Integral, el cual sería el más conveniente pero más costoso, y en donde se debe realizar una valuación monetaria de los Impactos, se necesita de una experiencia amplia en el tema Ambiental. Usualmente los evaluadores no cuentan con la misma, lo que limita estas evaluaciones al dinero, al tiempo y a la experiencia. Es por esto, que el presente trabajo busca construir un indicador cuantificable que pueda ser incluido en las Evaluaciones tradicionales de Rentabilidad Socioeconómica, sin necesidad de contar con la Evaluación Ambiental del Proyecto.

### **3. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR AMBIENTAL MÁS RELEVANTE DE PROYECTOS CARRETEROS**

Como se mencionó anteriormente, esta tesis busca construir un Indicador Ambiental que impacte de manera significativa en el ciclo de vida de una Carretera, con el objetivo de incluirlo en la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica, de manera que el evaluador no esté obligado a tener grandes conocimientos ambientales y gaste poco tiempo y dinero para su uso.

Este indicador se pretende construir a través de herramientas de Planeación que permitan conocer el medio y aspecto más impactado durante el desarrollo de un Proyecto Carretero, de la siguiente manera:

- **Paso 1:** Construir un Sistema del ciclo de vida de un Proyecto de Infraestructura Carretera, a fin de conocer las relaciones entre sus actividades, etapas (preparación, construcción, operación y mantenimiento), y medios impactados (agua, suelo, aire, clima, ruido y fauna).
- **Paso 2:** Realizar un Análisis Sistémico utilizando los resultados del paso anterior, con el propósito de conocer el medio más afectado por la preparación, construcción, operación y mantenimiento de carreteras.



- **Paso 3:** Comparar los resultados del Análisis Sistémico con una Encuesta a Expertos que identifiquen, según su experiencia y conocimiento, el medio más impactado.
- **Paso 4:** Una vez identificado el medio más impactado, realizar una priorización de aspectos más relevantes del mismo, a través de una Encuesta a Expertos tipo Delphi, utilizando aspectos de la Técnica heurística de Jerarquización Analítica (AHP), del Dr. Thomas L. Saaty.
- **Paso 5:** Construir el Indicador Ambiental más relevante en el ciclo de vida de un Proyecto de Infraestructura Carretera, una vez conocido el medio y el aspecto más relevante.

### 3.1. Paso 1: El ciclo de vida de un Proyecto Carretero visto como un Sistema

Para la construcción del Sistema se tomaron en cuenta las características de un Proyecto de Infraestructura Carretera y se establecieron las relaciones entre las actividades, las etapas y los impactos ambientales que estas tienen durante el ciclo de vida.

Cabe mencionar que la construcción del sistema se dará por la integración de tres entornos: interno, transaccional y contextual, los cuales se describen a continuación:

#### 3.1.1. Entorno interno

Está representado por las actividades y etapas que normalmente tiene una obra de un Proyecto de Infraestructura Carretera y la relación con los impactos ambientales al medio.

Con el propósito de construir el Entorno Interno del Sistema, se utilizó el “Catálogo de Impactos Ambientales Generados por las Carreteras y sus Medidas de Mitigación” (SCT; IMT, 1999). Dicho catálogo se realizó basado en experiencias anteriores y conocimiento de expertos que permitieron identificar los impactos recurrentes en los Proyectos de Infraestructura Carretera.

De acuerdo con el documento mencionado anteriormente, las afectaciones al medio se clasifican en tres ámbitos: rasgos físicos, factores biológicos y factores socioeconómicos. Sin embargo, cabe mencionar que los factores socioeconómicos no se incluirán en la construcción del indicador dado que se estaría sobrevaluando este concepto con el ACB, por lo que dicho factor se descarta de la presente metodología.

Los impactos a los rasgos físicos y los factores biológicos se clasifican de acuerdo con los medios impactados, tal y como se muestra en las figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12:



**Figura No 7. Rasgos Físicos del Agua.**  
*Fuente: Elaboración Propia.*



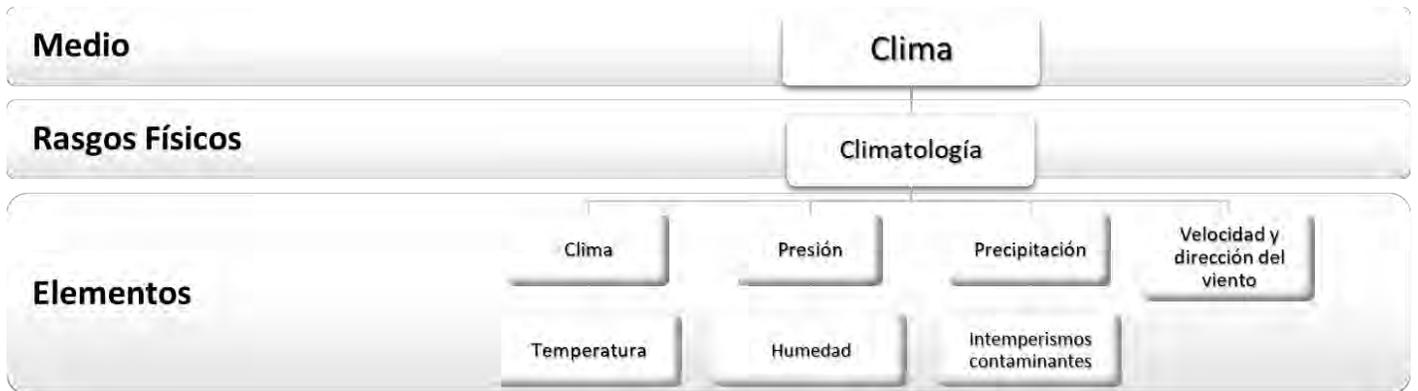
**Figura No 8. Rasgos Físicos del Suelo.**  
*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura No 9. Rasgos Físicos del Aire.**  
*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura No 10. Rasgos Físicos del Ruido.**  
*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura No 11. Rasgos Físicos del Clima.**  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura No 12. Rasgos Físicos de Flora y Fauna.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Adicional a esto, el documento del Instituto Mexicano de Transporte identifica 3 etapas del ciclo de vida de Proyectos Carreteros, en las que se realizan diferentes actividades que afectan a los rasgos físicos y los factores biológicos mencionados anteriormente:

**Preparación del Proyecto:** está definida como todos los trabajos que se desarrollan desde el inicio hasta la entrega del Proyecto Ejecutivo que ha de implantarse, incluyendo la liberación del derecho de vía.

- ❖ Pre-construcción.



**Construcción del Proyecto:** esta etapa contempla todas las actividades necesarias para poner en marcha el Proyecto:

- ❖ Preparación del sitio.
- ❖ Campamentos y oficinas de campo.
- ❖ Excavación y nivelación.
- ❖ Obras de drenaje y subdrenaje.
- ❖ Cortes y terraplenes.
- ❖ Explotación de bancos de material.
- ❖ Acarreos de material.
- ❖ Operación de maquinaria y equipo.
- ❖ Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio.
- ❖ Pavimentación.
- ❖ Puentes y pasos vehiculares.
- ❖ Obras complementarias de drenaje y subdrenaje.
- ❖ Manejo y disposición de residuos de obra.
- ❖ Señalamiento.

**Operación y mantenimiento:** una vez construida la Carretera, esta se debe mantener y operar durante su vida útil. A continuación, se describen las actividades relacionadas a esta etapa:

- ❖ Tránsito vehicular.
- ❖ Mantenimiento y conservación.

Las entradas de entorno interno se concentran en el terreno a intervenir, insumos, maquinaria y equipo y las empresas constructoras, mientras que la salida es el Proyecto Carretero Construido y sus desperdicios.

### 3.1.2. Entorno transaccional

Este entorno está dominado por las políticas del país en materia de construcción, los recursos monetarios para Infraestructura, que pueden ser privados o públicos, y las obras similares al Proyecto, destacando las del Plan Nacional de Desarrollo, los Planes Estatales y Municipales y los Programas de Infraestructura, además de la población en la zona de Influencia, que pueden ser partidarios, contrarios o indiferentes al Proyecto.

### 3.1.3. Entorno contextual

Dentro del entorno contextual se encuentran aquellos organismos internacionales que influyen en los procesos constructivos, de diseño y de inversión mundial, en los que se encuentran los reglamentos mundiales de construcción, las otras obras de Infraestructura mundial, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Fondo Monetario Internacional y en general la economía mundial y la sociedad en su conjunto.

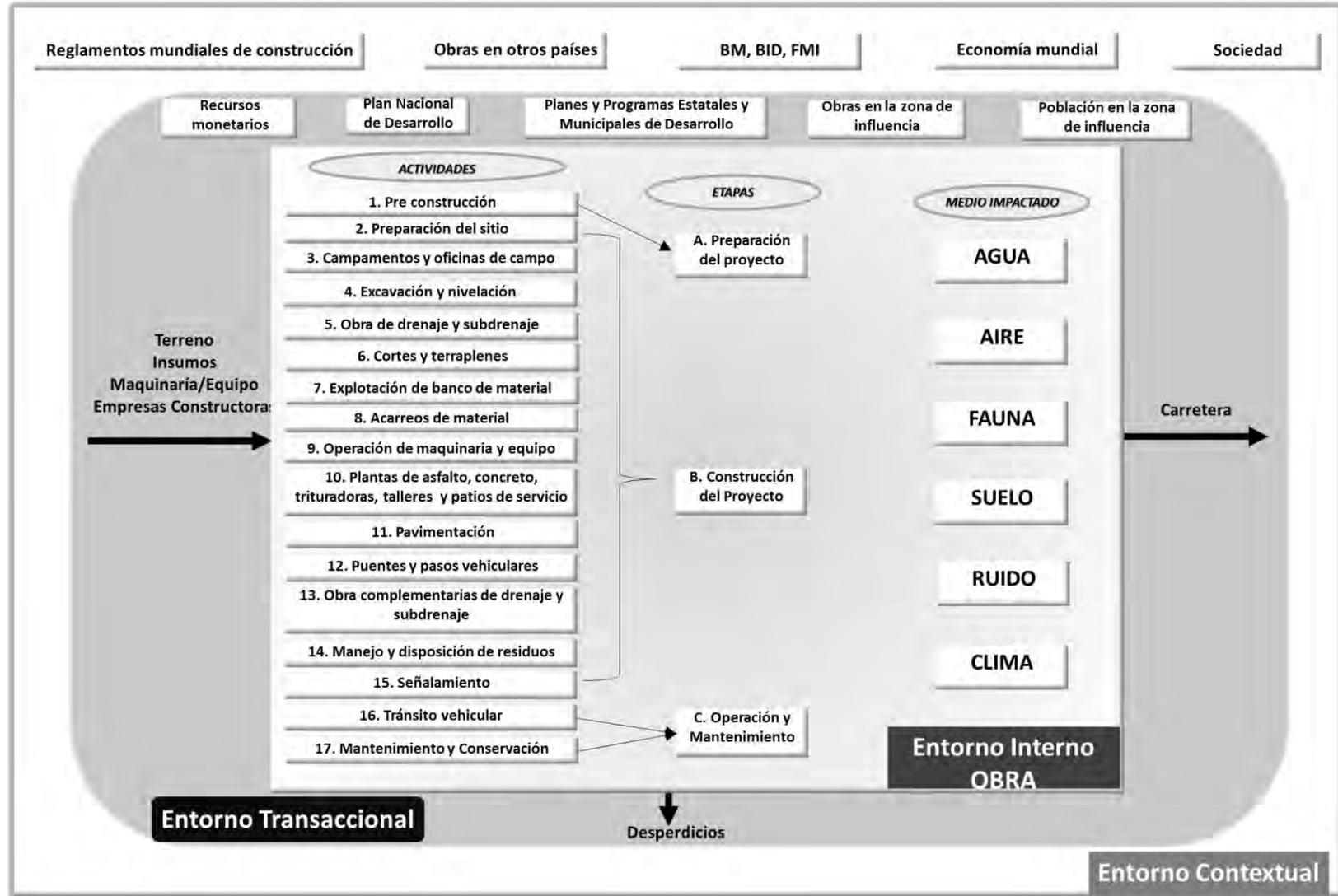


Figura No 13. Sistema construcción carretera.  
Fuente: Elaboración Propia.

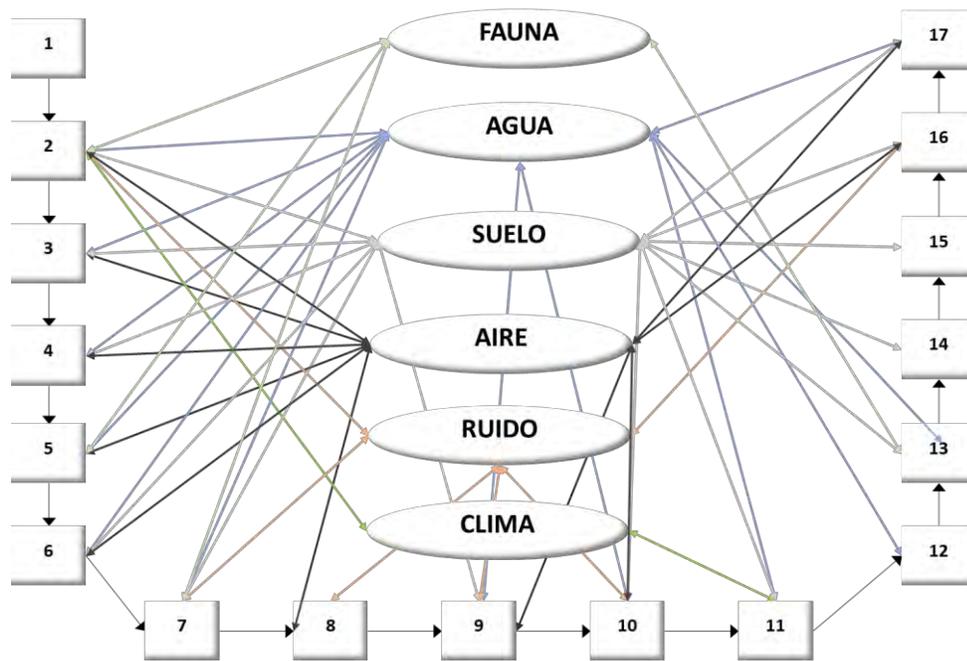


### 3.2. Paso 2: Análisis Sistémico

A fin de realizar el Análisis Sistémico, se construyeron diferentes diagramas de red que permitieron establecer las relaciones actuales entre los impactos ambientales sobre cada uno de los medios y las actividades en un Proyecto de Infraestructura Carretera.

La SCT y el IMT (1999), determinaron cada uno de los impactos ambientales que causarán cada una de las actividades relacionadas con la Construcción, Preparación, Operación y Mantenimiento a los medios mencionados en el sistema anterior. La matriz de impactos se puede consultar en el “**Apéndice A. Impactos Ambientales en Proyectos Carreteros**”.

A continuación (figura 14), se muestra el análisis sistémico generado a partir de las relaciones identificadas entre los seis medios impactados y las 17 actividades del Proyecto (ver figura 13):



**Figura No 14. Diagrama de Red actividades e impactos del medio afectado.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

De la figura 14, se pueden establecer que de las 47 relaciones entre los medios impactados y cada una de las actividades, el Agua y el Suelo son los más relevantes durante el ciclo de vida de un Proyecto Carretero:

- 13 relaciones de impactos al Suelo
- 12 relaciones de impactos al Agua
- 10 relaciones de impactos al Aire
- 6 relaciones de impactos al Ruido
- 4 relaciones de impactos a la Fauna
- 2 relaciones de impactos al Clima

Sin embargo, se requiere de otro diagrama que permita entender la relación que hay entre las etapas y los medios afectados, dado que las relaciones presentadas anteriormente no demuestran la representatividad ni ocurrencia de los impactos en el ciclo de vida de una Carretera.

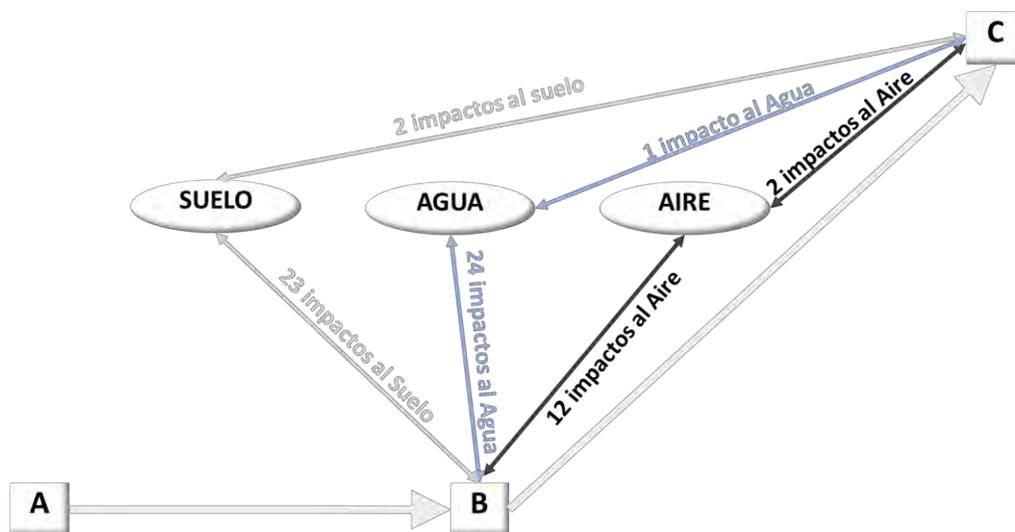


La tabla 3, presenta el número de impactos, los medios y las etapas relacionadas con los mismos. De esta se puede deducir que los medios “Fauna”, “Ruido” y “Clima”, no son representativos con respecto a los medios “Suelo”, “Agua” y “Aire”, es por esto por lo que los primeros quedan fuera de la selección y el análisis:

Etapa	Medio impactado	Número de Impactos
<b>(A) Preparación del Proyecto</b>	-	-
<b>(B) Construcción</b>	Agua	24
	Suelo	23
	Aire	12
	Fauna	5
	Ruido	5
	Clima	2
<b>(C) Operación y Mantenimiento</b>	Agua	1
	Suelo	2
	Aire	2
	Ruido	1

**Tabla 3. Relación impactos por etapa.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura No 15. Diagrama de Red Etapas de un Proyecto e impactos del medio afectado.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Como puede observarse en la tabla 3 y en la figura 15, durante la etapa A no se tienen impactos en los medios observados. Por otro lado, el Agua es el medio más impactado de la etapa B, por la contaminación de aguas tanto superficiales como subterráneas, modificación de cauces y drenes, y afectaciones a los mantos acuíferos; mientras que el Suelo, el Agua y el Aire son los más impactados en la etapa C, por la contaminación y erosión del suelo, la contaminación del aire y del agua superficial y subterránea y desequilibrio ecológico.

El Análisis Sistémico permitió establecer que el Agua y el Suelo son los medios físicos más afectados por el desarrollo de una Carretera, dado que ambos cuentan con impactos importantes en las etapas relevantes del Proyecto. Por lo anterior, se realizó una Encuesta a Expertos, para constatar los datos del presente análisis.



### 3.3. Paso 3: Encuesta a expertos

La encuesta a expertos se realizó a siete (7) ingenieros con experiencia en el desarrollo, construcción y gerencia de Proyectos de Infraestructura en México. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos:

#### **Ing. José Germán Neri Herrera Muñoz:**

- Nivel de estudios: Licenciatura en Ingeniería Civil.
- Cargo actual: Asesor Experto en Proyectos de Ingeniería Carretera.
- Edad: 68 años.

#### **M.I. Luis E. Montañez Cartaxo**

- Nivel de estudios: Maestría en Geotecnia.
- Cargo actual: Director General del Centro de Servicios en Energía y Sustentabilidad, S. C.
- Edad: 67 años.

#### **M.I Sergio Macuil Robles**

- Nivel de estudios: Maestría en Ingeniería de Planeación y Finanzas.
- Cargo actual: Director Promoción de Desarrollo de Negocios en Proyectos Carreteros.
- Edad: 46 años.

#### **M.I Juan Alberto Monter Sanabria**

- Nivel de estudios: Maestría en Ingeniería de Negocios.
- Cargo actual: Fundador y Director General de Consultoría en Infraestructura.
- Edad: 39 años.

#### **Ing. Ismael Quinto Caamaño**

- Nivel de estudios: Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.
- Cargo actual: Gerente de Desarrollo de Proyectos.
- Edad: 37 años.

#### **M.Sc. Carla Andrea Rojas Dónjuan**

- Nivel de estudios: Maestría en Finanzas e Inversión.
- Cargo actual: Gerente de Planeación e Inversión Privada en Infraestructura Carretera.
- Edad: 33 años.

#### **M.Sc. Rodrigo Alejandro Carreras Farfán**

- Nivel de estudios: Maestría en Administración de la Construcción.
- Cargo actual: Gerente de Proyectos.
- Edad: 33 años.

Como se mencionó anteriormente, la selección de estos expertos se dio a partir de su experiencia en la Planeación y desarrollo de Proyectos de Infraestructura que permitieron corroborar los datos del Análisis Sistemático, a fin de encontrar el medio más impactado por los Proyectos Carreteros de acuerdo con su etapa de desarrollo. A continuación, se presenta el formato de dicha encuesta. (Para consultar dichas encuestas ver “**Apéndice B. Encuesta a Expertos**”).



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre:</b>
<b>Nivel de estudios:</b>
<b>Cargo actual:</b>
<b>Edad:</b>

Considerando que la construcción de un Proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un Proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

***Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.*

**1. Durante la Preparación del Proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

*Justificación:*

**2. Durante la Construcción del Proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

*Justificación:*

**3. Durante la Operación y Mantenimiento del Proyecto:**

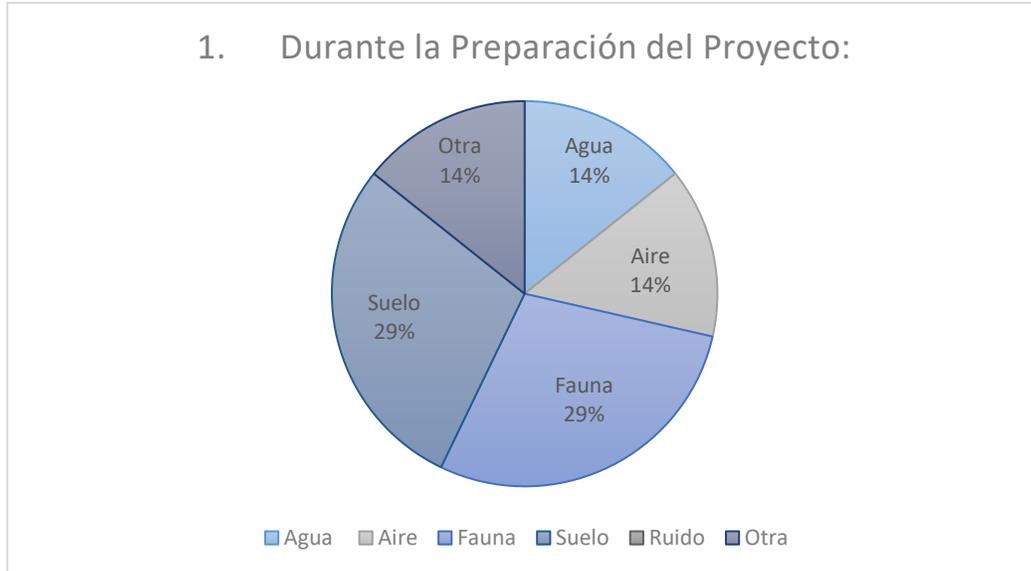
<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

*Justificación:*



De dicha encuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

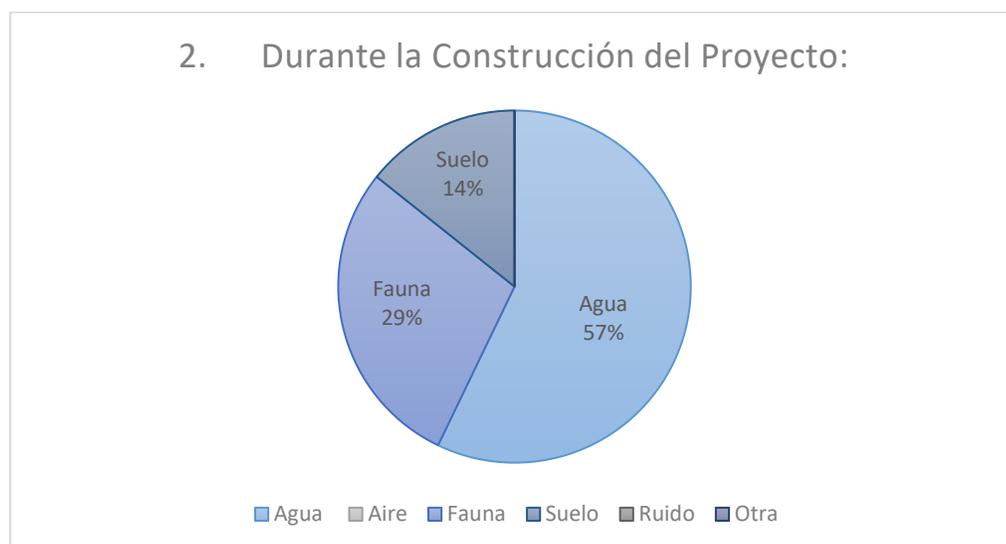
Para la preparación del Proyecto, los encuestados consideraron que el Suelo y la Fauna son los medios más afectados (**29 %** de la votación), dado que parte de los estudios preliminares se realizan directamente en el suelo y el trazo de un Proyecto lineal generalmente divide y fracciona la fauna y flora.



**Gráfica 1. Resultados pregunta 1, Impactos Ambientales durante la preparación del Proyecto.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Para la etapa de la construcción del Proyecto, el medio más afectado según los expertos es el Agua, representando un **57 %** de votación. Las principales razones fueron la reorientación de los cauces, la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la posible contaminación de aguas subterráneas y superficiales, seguido de los medios Suelo y Fauna.

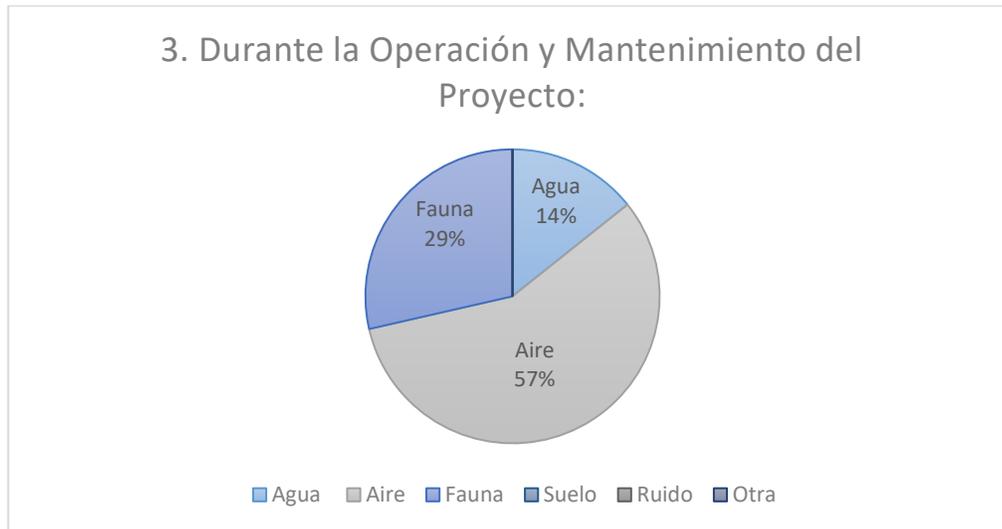


**Gráfica 2. Resultados pregunta 2, Impactos Ambientales durante la construcción del Proyecto.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



Para la operación y mantenimiento del Proyecto, el aire es el medio más afectado con un **57 %** de votación, justificado en la emisión de contaminantes como el CO<sub>2</sub> dado el aumento del parque vehicular que traerá consigo el Proyecto.



**Gráfica 3. Resultados pregunta 3, Impactos Ambientales durante el mantenimiento y operación del Proyecto.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Dichos resultados conducen a que el Agua es el medio más impactado durante el ciclo de vida de un Proyecto Carretero de acuerdo con su incidencia en toda la encuesta, pues en la Preparación del Proyecto tuvo una votación del 14%, durante la construcción una del 57% (la cual es la más afectada y representativa en impactos ambientales) y finalmente, durante la Operación y Mantenimiento se repite con el 14%. Lo anterior, contrasta y es congruente con los resultados del Análisis Sistemático, en el que las relaciones de los impactos, las actividades y los medios físicos determinaron que el Agua y el Suelo tenían mayor interacción entre los impactos y las actividades.

Para concluir, el Análisis Sistemático de los impactos ambientales identificados por SCT e IMT (1999) para Proyectos carreteros y de la Encuesta a Expertos, indica que el medio más afectado durante la construcción de Proyectos lineales de Infraestructura es el **AGUA**.

#### **3.4. Paso 4: Selección del Aspecto más relevante con Encuesta tipo Delphi y AHP**

La selección se llevó a cabo a través de las herramientas: Encuesta tipo Delphi y representación del problema de la técnica heurística AHP, con el propósito de conocer el aspecto más relevante dentro de los impactos ambientales al **AGUA** que se generan por el desarrollo de un Proyecto Carretero y así poder construir el indicador.

Para construir la encuesta a expertos, se utilizó como punto de partida la representación del problema dado por la técnica AHP, la cual fue desarrollada durante los años setenta del siglo XX en la Universidad de Pennsylvania por el Dr. Thomas L. Saaty, el cual elaboró un instrumento formal para selección de alternativas, con características sólidas en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación (Sánchez Guerrero, 2016, p. 225).



Para la representación del problema de acuerdo con AHP se requiere de tres niveles básicos de análisis:

### ***Nivel 1***

Este nivel muestra el objetivo que se pretende alcanzar, que para este proceso se puede definir como:

**Objetivo** “Establecer el aspecto más relevante de los impactos ambientales que se producen en el **AGUA**, por el desarrollo de una Carretera”.

### ***Nivel 2***

En el nivel dos se determinan los criterios de Evaluación, los cuales se clasifican en:

**Criterio 1 – Mitigación.** Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto, la cual se traduce en si un impacto es mitigable o no.

**Criterio 2 – Identificación.** Complejidad de identificación de la clase impacto, dada la información con la que se cuenta en el momento de generar la Evaluación de rentabilidad socioeconómica.

**Criterio 3 – Costo.** Costo económico de mitigar la clase impacto.

**Criterio 4 – Recurrencia.** Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas del ciclo de vida de un Proyecto Carretero.

### ***Nivel 3***

En el tercer nivel se presentan las alternativas que se evaluarán, las cuales pueden ser estrategias, actividades, Proyectos, cursos de acción, entre otras. Para este caso se tienen como alternativas los aspectos que incurren en los impactos ambientales del **AGUA**, construidos a partir del documento realizado por el IMT y la SCT (2000).

**Aspecto 1:** modificaciones en el flujo de agua superficial y subterránea y efecto barrera que tiene el agua.

**Aspecto 2:** extracción desmedida de agua para consumo humano y para realizar actividades.

**Aspecto 3:** impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

**Aspecto 4:** cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

La Figura 16, representa jerárquicamente el problema, el cual integra el objetivo, los criterios y los aspectos determinados anteriormente.



## REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA DEL PROBLEMA

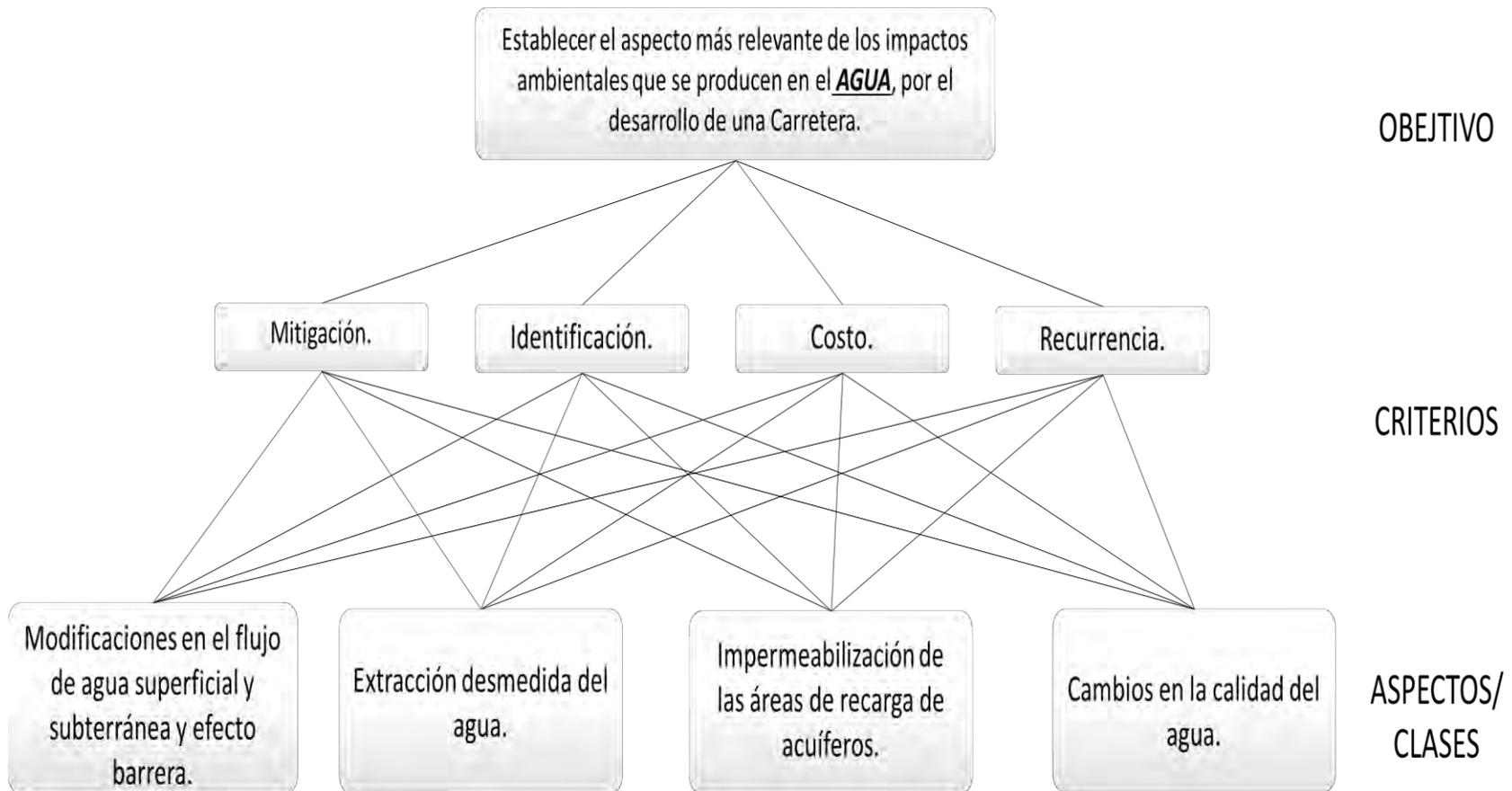


Figura No 16. Representación jerárquica del problema.

Fuente: Elaboración Propia.



La Encuesta para determinar el aspecto más relevante dentro del **AGUA** se realizó basada en la construcción jerárquica del problema expuesto anteriormente, a continuación, se muestran los formatos de la Primera y la Segunda Ronda:

### **ENCUESTA A EXPERTOS TIPO DELPHI 1 RONDA**

#### **OBJETIVO DE LA ENCUESTA**

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

#### **ANTECEDENTES**

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de Proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un Proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para Proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima). Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un Proyecto<sup>2</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un Proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

*Recurrencia:* frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

---

<sup>2</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<i><b>Criterios de Evaluación</b></i>	<i><b>Definición</b></i>	<i><b>Extremadamente importante</b></i>	<i><b>Muy Importante</b></i>	<i><b>Importante</b></i>	<i><b>Poco importante</b></i>
<i><b>Mitigación</b></i>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.				
<i><b>Identificación</b></i>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.				
<i><b>Costo</b></i>	El costo de mitigar la clase impacto.				
<i><b>Recurrencia</b></i>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.				

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
<i><b>Segmentación de efectos ambientales</b></i>	<i><b>Definición</b></i>	<i><b>Extremadamente importante</b></i>	<i><b>Muy Importante</b></i>	<i><b>Importante</b></i>	<i><b>Poco importante</b></i>
<i><b>Clase 1</b></i>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.				
<i><b>Clase 2</b></i>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				
<i><b>Clase 3</b></i>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.				
<i><b>Clase 4</b></i>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.				

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.				
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.				
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.				

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.				
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.				
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.				

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.				
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.				
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.				

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### DATOS DEL EXPERTO

Nombre	
Organización	
Cargo actual	
Años de experiencia	

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---



---

**¡Gracias por su participación!**



## **ENCUESTA A EXPERTOS TIPO DELPHI 2 RONDA**

Estimado ..., antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

<b>Segmentación de efectos ambientales</b>	<b><i>Definición</i></b>	<b><i>Jerarquía</i></b>
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

**¡Gracias por su participación!**



Como se mostró anteriormente, la Encuesta estuvo constituida de dos Rondas, dado que los resultados de la Primera Ronda no fueron concluyentes para determinar el aspecto más relevante. Para esta etapa, se escogieron expertos en materia de Desarrollo y Evaluación Ambiental con experiencia en el área de Infraestructura.

Cabe mencionar que en la Primera Ronda se contó con la respuesta de los once (11) expertos seleccionados inicialmente, mientras que en la segunda ronda se contó con la respuesta de ocho (8) expertos, a continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de los expertos para cada una de las rondas:

**Ronda 1 (11 expertos):**

No.	Nombre	Organización	Experiencia	Cargo
1.	Rogelio Velázquez de la Mora	CAABSA CONSTRUCTORA	30	Gerente Ambiental
2.	Alejandro González Sánchez	SERVICIO INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL	21	Director
3.	Juliette López Márquez	INDEPENDIENTE	20	Consultor Ambiental
4.	Juan Carlos Bravo Villa	EMPRESA CONSULTORA CIRSE AYCE	17	Gerente General – Cofundador
5.	Luis Eduardo Gómez García	PROCURADURÍA DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE - <b>PROPAEM</b>	15	Procurador de Protección al Ambiente del Estado de México
6.	Rogelio Granados Andrade	COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA - <b>CONAGUA</b>	14	Jefe de Proyecto de Aguas Subterráneas
7.	*	*	13	Gerente Ambiental
8.	Tatiana Paredes Rojas	INDEPENDIENTE	11	Consultora Ambiental
9.	Carlos Gómez	CONSORCIO PUENTE BINACIONAL SIXAOLA	7	Gestor Ambiental
10.	Abraham Abrego	EMPRESA PRIVADA	6	Gestor Ambiental
11.	Edith González Soto	CICIMAR	5	Egresada de Posgrado

**Tabla 4. Listado Expertos Encuesta Tipo Delphi Primera (1) Ronda.**

\*Prefiere que sus datos no sean publicados en esta Tesis.

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Ronda 2 (8 expertos):**

No.	Nombre	Organización	Experiencia	Cargo
1.	Rogelio Velázquez de la Mora	CAABSA CONSTRUCTORA	30	Gerente Ambiental
2.	Alejandro González Sánchez	SERVICIO INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL	21	Director
3.	Juliette López Márquez	INDEPENDIENTE	20	Consultor Ambiental
4.	Juan Carlos Bravo Villa	EMPRESA CONSULTORA CIRSE AYCE	17	Gerente General – Cofundador
7.	*	*	13	Gerente Ambiental
9.	Carlos Gómez	CONSORCIO PUENTE BINACIONAL SIXAOLA	7	Gestor Ambiental
10.	Abraham Abrego	EMPRESA PRIVADA	6	Gestor Ambiental
11.	Edith González Soto	CICIMAR	5	Egresada de Posgrado

**Tabla 5. Listado Expertos Encuesta Tipo Delphi Segunda (2) Ronda.**

\*Prefiere que sus datos no sean publicados en esta Tesis.

*Fuente: Elaboración Propia.*



Para consultar los resultados de la Encuesta ver “**Apéndice C. Encuesta a Expertos Tipo Delphi Primera (1) Ronda**”. Y “**Apéndice D. Encuesta a Expertos Tipo Delphi Segunda (2) Ronda**”. A continuación, se presentan los resultados procesados de cada una de las Rondas de la Encuesta:

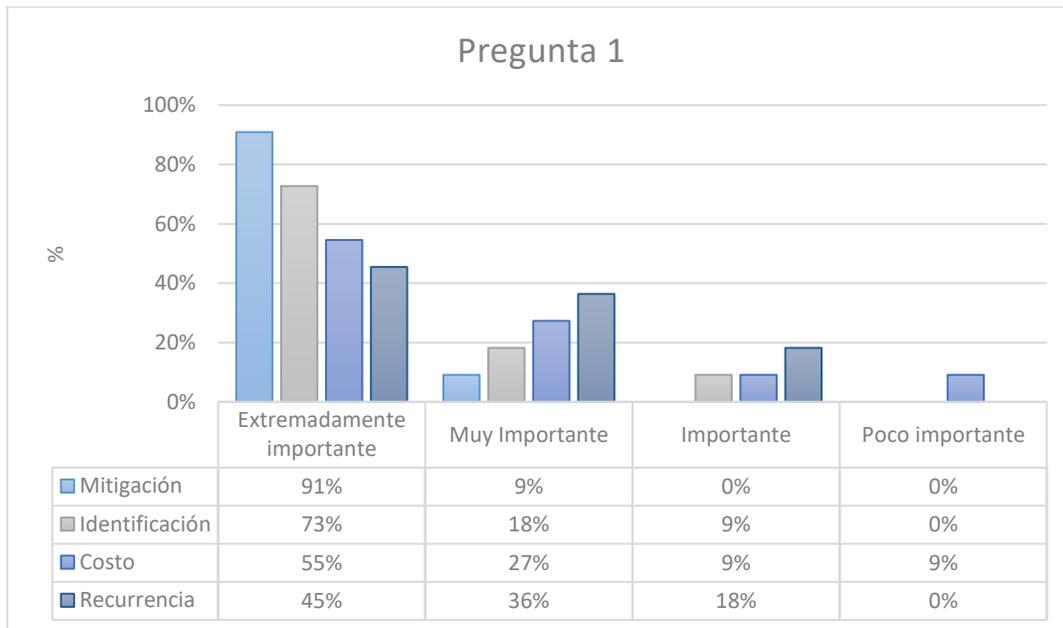
### 3.4.1. Primera (1) Ronda

La Primera (1) Ronda de la Encuesta, contó con un total de cinco (5) preguntas, las cuales se distribuyen en:

#### Pregunta 1

Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos:

- **Mitigación**
- **Identificación**
- **Costo**
- **Recurrencia**



**Gráfica 4. Resultados pregunta 1, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

De la gráfica anterior se puede observar que, para los expertos, todos los criterios son extremadamente importantes, la **mitigación** con un 91 %, la **identificación** con un 73 %, el **costo** con el 55 % y la **recurrencia** con un 45 % de los votos.

#### Interpretación resultados pregunta 1

De acuerdo con los expertos, se tiene que los cuatro criterios de Evaluación de impactos ambientales (la mitigación, la identificación, el costo y la recurrencia), son extremadamente importantes, dado que los Proyectos carreteros son obras de gran impacto para el ambiente pues estos impactos se dan durante todo el ciclo de vida del Proyecto. Es por esto que las medidas ambientales que se pretendan instrumentar deberán tener un análisis profundo acorde con el plan de mantenimiento de la infraestructura.



Para otros expertos, todos los criterios son extremadamente importantes porque es a partir de estos que se puede pensar en disminuir el costo de las compensaciones económicas para cualquier construcción. De igual manera, los criterios de Evaluación son de gran relevancia si se visualizan como conjunto y no de manera individual, dado que como conjunto se puede pensar en tener un mayor control de las situaciones indeseadas que se producen durante la construcción y operación de las obras.

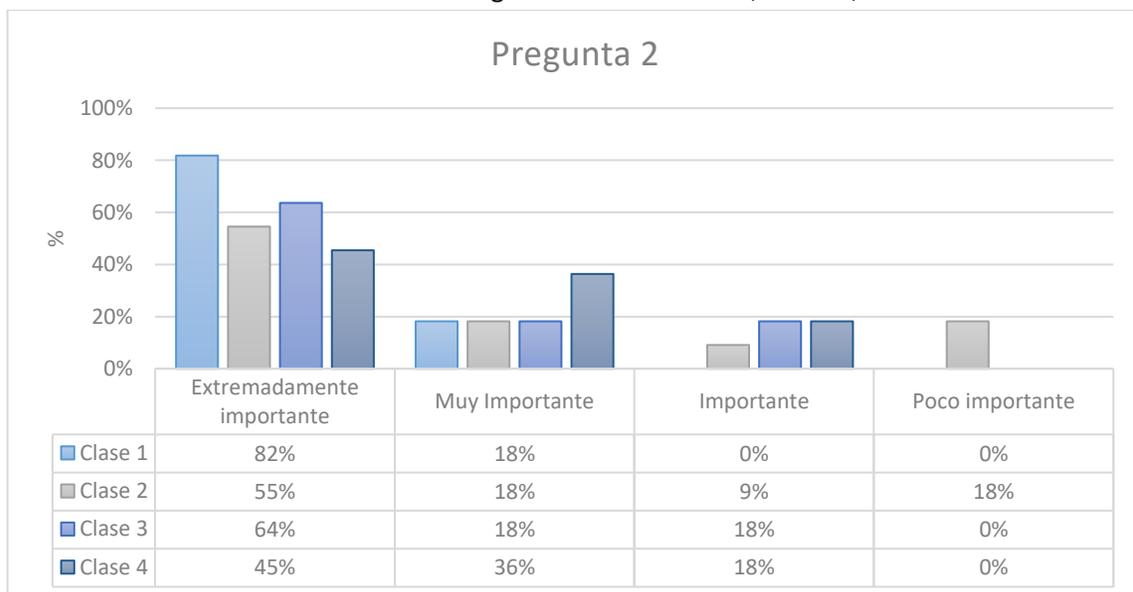
Otros consideran extremadamente importante conocer los criterios de Evaluación, ya que de ello depende que el impacto ambiental generado por la obra o actividad sea de menor grado, y teniendo un conocimiento de cada uno de los criterios se podrá realizar una Evaluación más integral y así mismo proponer mejores alternativas de mitigación.

Por último y no menos importante, los expertos consideran, basados en su experiencia, que los criterios de mitigación, identificación y costo tienen una relación directa entre sí, más aún en materia de agua, dado que lo que se busca es disminuir las posibles afectaciones al recurso hídrico durante el ciclo de vida de una Carretera. Lo anterior, sabiendo que se tienen muchas consecuencias en el momento en que se aprovecha dicho recurso y dada la legislación que regula tales usos, se considera que la identificación del impacto o posible impacto, y, en consecuencia, el costo de su respectiva mitigación, es aquella que le dará valor real al Proyecto, considerando que, en teoría, lo que no se identifica no puede ser mitigado, ni presupuestado.

### Pregunta 2

Considerando el criterio **MITIGACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

- **Clase 1:** Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.
- **Clase 2:** Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.
- **Clase 3:** Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.
- **Clase 4:** Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.



**Gráfica 5. Resultados pregunta 2, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

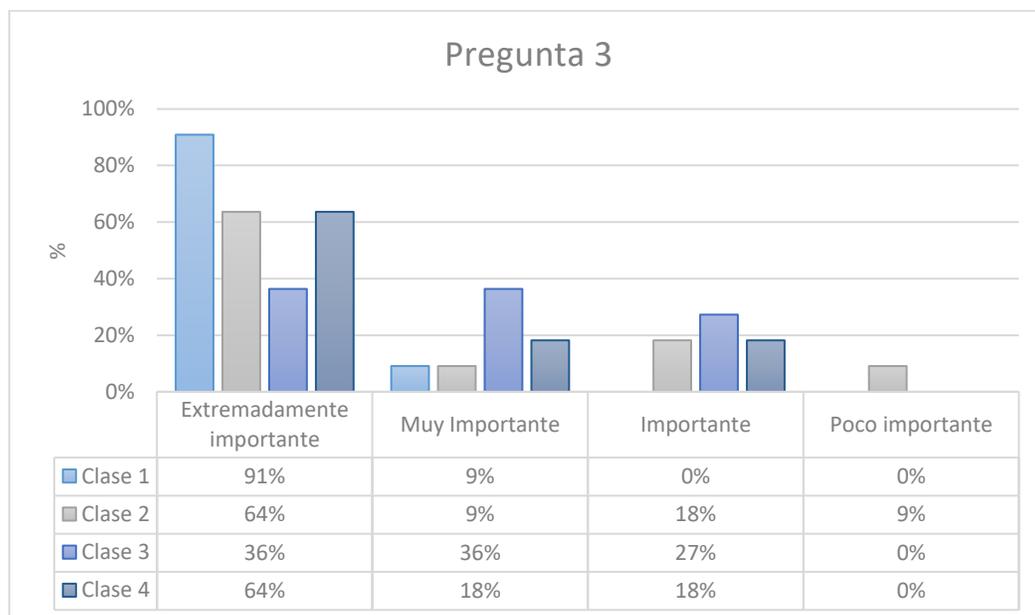


Con relación a la posibilidad de mitigar técnicamente cualquier impacto ambiental, se concluye que todas las clases de impactos son extremadamente importantes: la **clase 1** con un 82 % de votación, la **clase 2** con un 55 %, la **clase 3** con un 64 % y la **clase 4** con un 45 %, se posicionan como extremadamente importantes.

### Pregunta 3

Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

- **Clase 1:** Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.
- **Clase 2:** Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.
- **Clase 3:** Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.
- **Clase 4:** Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.



**Gráfica 6. Resultados pregunta 3, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda.**

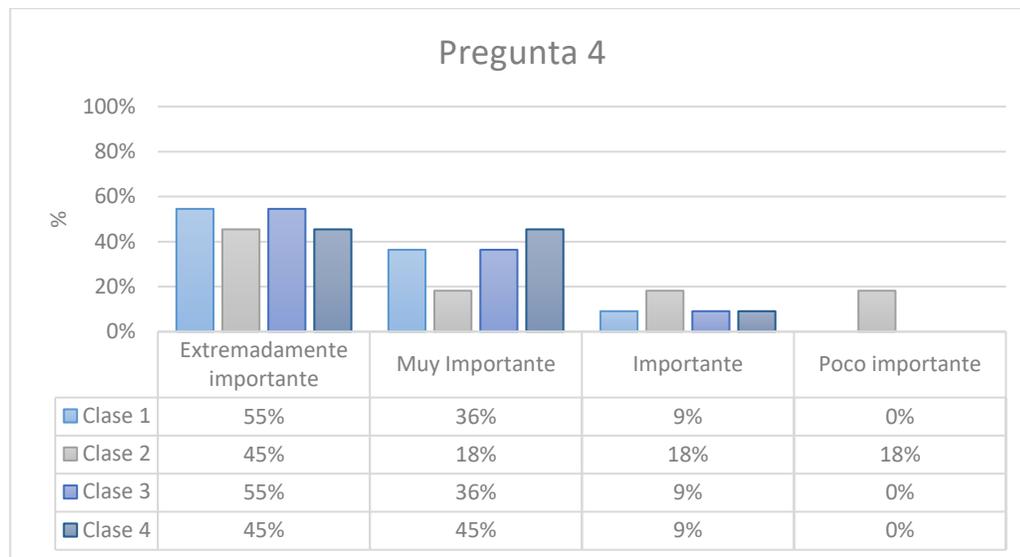
*Fuente: Elaboración Propia.*

De la gráfica anterior se puede concluir que, para los expertos, todas las clases de impactos son extremadamente importantes, con respecto a la posible identificación. La **clase 1** con un 91 %, la **clase 2 y 4 con** un 64 %, y la **clase 3** con un 36 % de los votos se consideran extremadamente importantes, cabe mencionar que la **clase 3** también obtuvo un 36 % de votación como muy importante.

### Pregunta 4

Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

- **Clase 1:** Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.
- **Clase 2:** Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.
- **Clase 3:** Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.
- **Clase 4:** Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.



**Gráfica 7. Resultados pregunta 4, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda.**

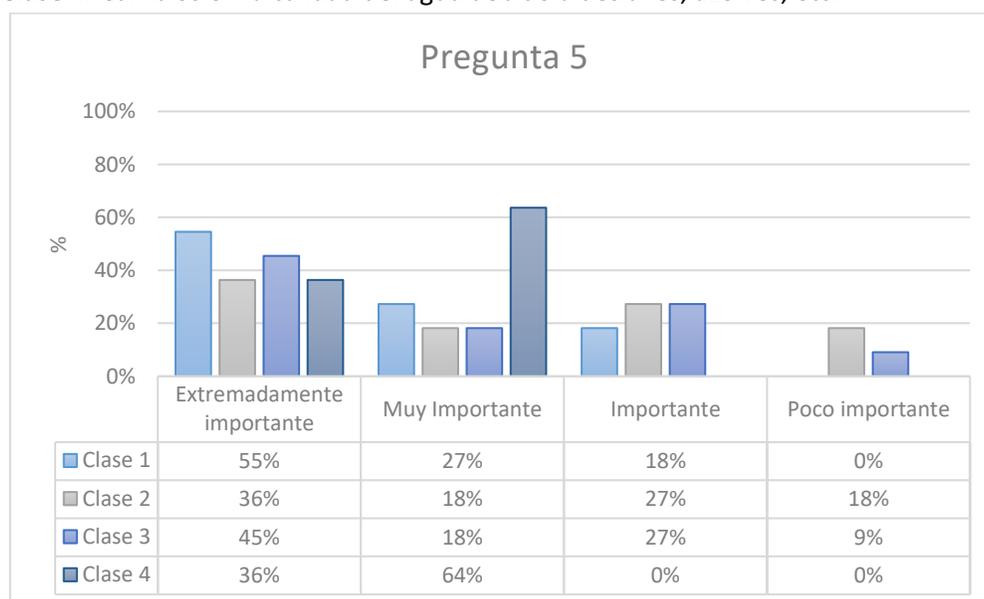
*Fuente: Elaboración Propia.*

Para los expertos todos los impactos ambientales son extremadamente importantes con relación al costo económico en el que se puede incurrir cuando se quiere mitigar estos últimos, pues la **clase 1 y 3** son extremadamente importantes con un 55 % de votación y la **clase 2** con un 45 %, sin embargo, la **clase 4** tuvo la misma votación entre extremadamente importante y muy importante con un 45 %.

#### *Pregunta 5*

Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

- **Clase 1:** Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.
- **Clase 2:** Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.
- **Clase 3:** Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.
- **Clase 4:** Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.



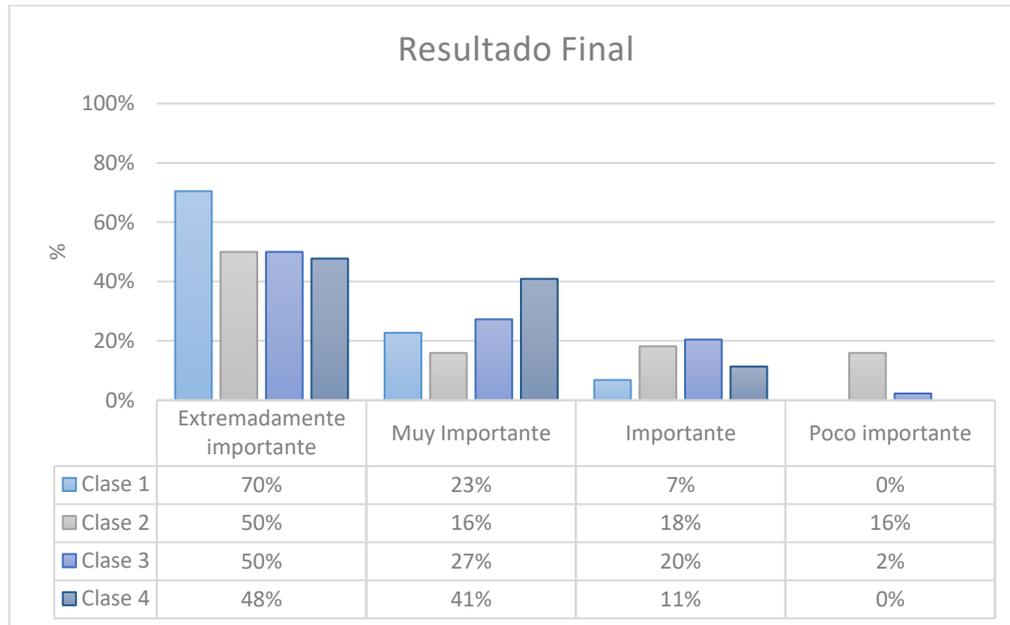
**Gráfica 8. Resultados pregunta 5, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



Con relación a la recurrencia que puede llegar a tener cualquier impacto ambiental, se concluye que casi todas las clases de impactos son extremadamente importantes. La **clase 1** con un 55 % de votación, la **clase 2** con un 36 % y la **clase 3** con un 45 % se posicionan como extremadamente importantes, sin embargo, la **clase 4** con un 64 %, se encuentra dentro del grupo muy importante.

### Resultado Final



**Gráfica 9. Resultados finales, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 1 Ronda.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Como conclusión, se recogieron todos los datos de las preguntas 2, 3, 4 y 5 y los resultados se plasmaron en la gráfica anterior, de la cual se logró concluir que, de acuerdo con los expertos, todas las clases de impactos son extremadamente importantes. Si bien la **clase 1** tuvo la mayor concordancia con un 70 %, las demás **clases (2,3 y 4)** estuvieron posicionadas de la misma manera con el 50 %, 50 % y 48 % respectivamente.

### Interpretación resultados preguntas 2, 3, 4 y 5 y resultados finales.

Como se puede ver en el análisis estadístico, todas las clases de impactos son extremadamente importantes para la mayoría de los expertos, con respecto a los criterios seleccionados.

Para la **clase 1. Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera**; los expertos opinan basados en su experiencia que:

- Las modificaciones al flujo del agua pueden tener consecuencias extremadamente importantes porque en caso de que ocurran eventos hidrometeorológicos extraordinarios, se podrían presentar grandes catástrofes.
- Sabiendo que sobre la superficie de rodamiento, el agua debe permanecer el menor tiempo posible, los costos constructivos se centran en desviar o impedir que el agua cubra esa superficie, lo que conlleva a que en sitios específicos se conduzca el agua sin considerar el impacto que se podría generar en zonas o comunidades aguas abajo y al contrario cuando la infraestructura no cuenta con esos desfuegos, el daño por efecto de barrera se causa aguas



arriba, inundado el entorno, por lo que el análisis en ese tema debe ir mucho más allá del espacio físico de la infraestructura.

- Para la construcción de trazos carreteros (nuevos), los mayores impactos ambientales que se dan son las potenciales modificaciones en el flujo de agua superficial y subterránea, además del efecto barrera, que deberán reducirse con un adecuado Proyecto de drenaje; sin embargo, este último está asociado a la fragmentación de hábitats y atropellamiento de fauna silvestre que es el impacto más preocupante en términos biológicos.

Para la **clase 2. Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades**; concluyeron que:

- La extracción desmedida de agua para consumo humano y demás actividades, siempre será una de las afectaciones más importantes al medio ambiente, ya que lamentablemente, es muy difícil evitarlas y se requieren de medidas extremas para asegurar un control óptimo del aprovechamiento del recurso hídrico.
- La extracción desmedida de agua para consumo humano por la realización de actividades de un Proyecto propicia que esta calificación sea considerada como extremadamente importante durante la Planeación de las obras, puesto que si no se realizan buenas medidas de mitigación se podría llegar a la desecación de zonas que antes tenían cuerpos de agua mayores; tal es el caso de la Laguna de Zempoala en el Estado de Morelos, que la extracción de agua para consumo ha llevado a la casi desaparición de dicho cuerpo de agua.

Para la **clase 3. Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos**; se destaca que:

- La impermeabilización de áreas de recarga tiene impacto, principalmente, en el revestimiento de cauces de ríos y/o arroyos, dificultando la protección en zonas fuera estos últimos, por lo que se debe contemplar la continua recarga en caso de afectar un sector de este tipo.
- La impermeabilización de las áreas de recarga viene de la mano con el cambio de la calidad de agua a causa de azolves, ya que, si no se utiliza un impermeabilizante adecuado, y entendiendo que el agua subterránea tiene un proceso de potabilización natural por el paso de la superficie del suelo hasta la capa de recarga, con la impermeabilización de este y otros procesos biogeoquímicos, ya no se permitirían (mineralización y desmineralización).
- Como ejemplo de la impermeabilización, se tiene la obra Lerma – Tres Marías en el Estado de México, la cual no pudo conectarse hasta el poblado de Tres Marías en el Estado de Morelos, debido a su interferencia con la recarga de los mantos acuíferos, dado que se verían modificados por el retiro de la cubierta vegetal (arbolado) y sustituido por una carpeta impermeable que atravesaría una zona boscosa de Quercus y Encino.

Y por último de la **clase 4. Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.**, los expertos opinan que:

- La calidad del agua es fundamental para los distintos usos consuntivos, por lo que las afectaciones a ésta se manifestarán de forma económica, al requerir de tratamientos previos para su uso, haciendo de este un impacto ambiental muy delicado.



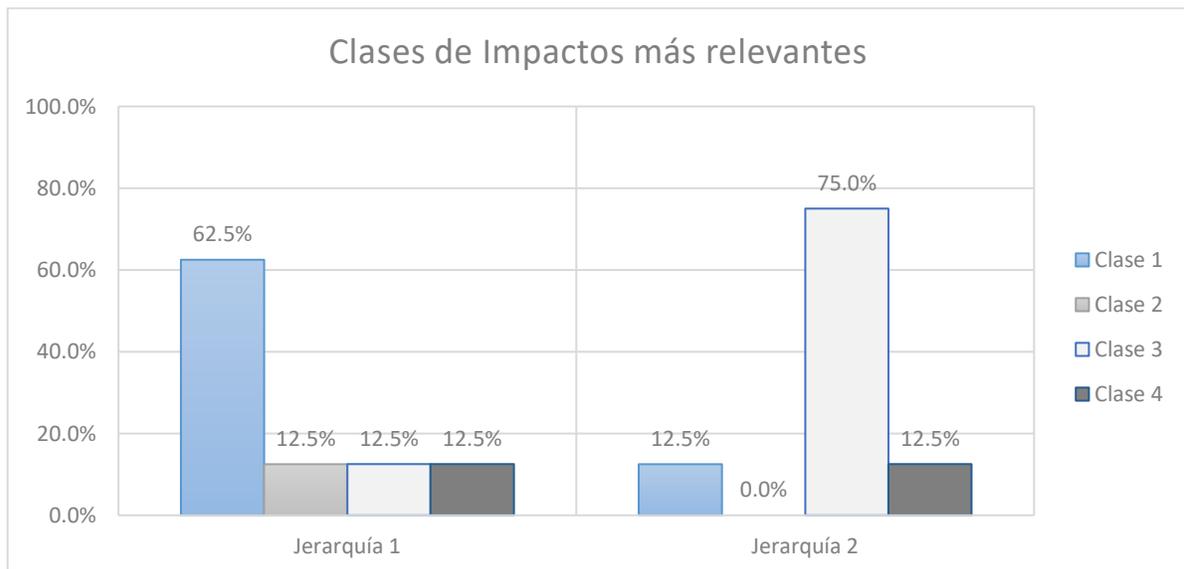
- El realizar cortes y rellenos en terraplenes, así como el derribar la vegetación, genera azolves y afecta la calidad del agua.
- De todos los impactos que pudieran presentarse, los cambios en la calidad del agua implicarán un mayor costo en el desarrollo de cualquier Proyecto, ya que por estos se afecta de manera directa la economía de los diferentes usuarios del agua.
- Como ejemplo, la Carretera Lerma – Tres Marías provocó una afectación a los cuerpos de agua superficial, como la Ciénega de Lerma (Zona RAMSAR), lo que en forma temporal y de manera reversible provocó cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

De manera general, la importancia de las acciones de mitigación relacionadas con los efectos ambientales de cada clase, radica en disminuir los efectos acumulativos que puedan tener dichos impactos durante el transcurso de las etapas del Proyecto. Hay muchos factores que deben considerarse y tratarse de manera integral y muchos otros que deberán tratarse de manera específica en la zona donde se quiere llevar el Proyecto.

Es por esto y dado que los resultados no fueron concluyentes para determinar qué clase de impacto ambiental es el más relevante para el **AGUA** dentro de la construcción de un Proyecto Carretero, se decidió realizar una Segunda Ronda.

### 3.4.2. Segunda (2) Ronda

La Segunda Ronda constó de una única pregunta en la que se les solicitó a los expertos seleccionar las dos (2) clases de impactos ambientales más importantes, indicando la JERARQUÍA para el primer y segundo lugar y justificando su respuesta:



Gráfica 10. Clases de Impactos más relevantes, Encuesta a Expertos Tipo Delphi 2 Ronda.

Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis de la Segunda (2) Ronda se puede establecer que el 62.5 % de los expertos consideraron que la **Clase 1** (Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera), es la más importante con el primer puesto seguida de la **clase 3** (Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos) con el 75% de la votación para el segundo lugar.



Los expertos opinaron que la **clase 1** de impactos es la más importante. A continuación, se presenta la recopilación de sus respuestas:

- Las modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y el efecto barrera, son los tres ejemplos clásicos de impactos directos que genera la construcción de una carretera y es por mucho los de mayor atención, ya que su incidencia será en todo momento, desde la construcción hasta la operación, y su mitigación debe ejecutarse igualmente en todo momento. La no atención de los mismos, forzosamente traerá consecuencias que implicaran pérdidas económicas y hasta humanas donde las afectaciones a la propia infraestructura será lo menos importante.
- Las modificaciones en el flujo de agua no afectan solamente los sitios donde se desarrollan los Proyectos, sino también al área de influencia por el cual fluye dicha agua. Existen casos donde la modificación en el flujo ha transformado completamente dos ecosistemas, en el primero, donde habitualmente fluía, se puede observar la disminución e incluso desaparición de algunas especies de plantas y animales; en la segunda, por donde fluye actualmente, se ha podido observar la formación de lagunas en planicies.
- Las modificaciones en el flujo de agua subterránea y superficial tienen consecuencias drásticas al entorno del Proyecto y a los ecosistemas “aguas abajo”, ya que dichas modificaciones ocasionadas a los flujos hidráulicos (superficiales o subterráneos) afectan las actividades económicas de las regiones que dependen de los mismos.
- Para la construcción de una carretera, el mayor impacto se ve reflejado en la cubierta de suelo a lo largo del trazo de la carretera, generándose el efecto barrera y el impedimento de la filtración del agua a la capa superficial del suelo y los mantos freáticos, sin embargo, las carreteras deben diseñarse con sus obras de drenaje y subdrenaje, las cuales aparte de cumplir con el objetivo de desviar y drenar el agua pluvial, durante una lluvia, se puedan evitar accidentes y desviar el agua hacia los canales adyacentes a la carretera y descargar en zonas destinadas para ello las cuales finalmente llegan se infiltran en el subsuelo y vuelven a recargar los acuíferos.
- Si en el trazo de la carretera se encuentra un cauce o cuerpo de agua, sucede la mayor afectación por modificación del flujo de agua superficial, ya que para esto se deberán construir otro tipo de obras de ingeniería, para poder continuar con el trazo de la carretera y en estos casos se debe modificar el flujo de la corriente. Lo anterior, provocaría una serie de impactos más significativos o adversos.
- En lo referente a la impermeabilización de la superficie, aunque esta si puede ser de consideración, la realidad puede mostrar que si bien en una superficie se impide que el agua percole hacia el suelo, no se debe perder de vista que al caer el agua sobre la superficie impermeabilizada, esta se conduce hacia las márgenes de la misma, donde el agua encontrará áreas para su infiltración, de ahí que el impacto se reduzca y más aún si se construyen resumideros. Este impacto sería altamente significativo si por la construcción se fracturaran canales naturales que abastecieran fuentes, pero entonces el impacto no sería por la impermeabilización, sino por alteraciones a las corrientes subterráneas. El real impacto



ocasionado por la impermeabilización no sería por disminuir la superficie de captación, sino por desviar las corrientes hacia puntos específicos.

- Al modificar flujos naturales de agua se rompen procesos hidrogeológicos, afectando a la población, flora y fauna de los escurrimientos aguas debajo de la cuenca, alterando la estabilidad del ecosistema, haciendo hincapié en que el recurso debe ser racional y se deben dotar las cantidades mínimas necesarias en cada aprovechamiento, además de mantener un equilibrio hidráulico en los embalses y los acuíferos.

Para la **clase 3**, (Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos), la cual quedó en segundo lugar con respecto a la importancia y relevancia de los impactos ambientales, los expertos opinaron que:

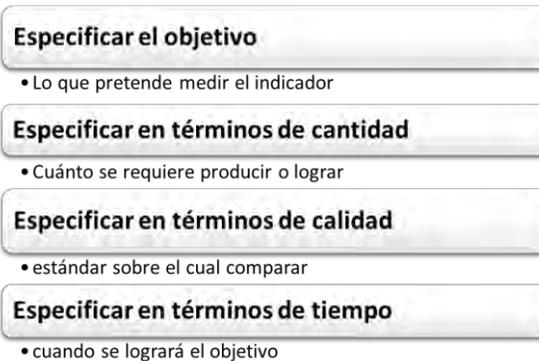
- Si en el escurrimiento de una cierta cuenca es modificado el “**factor C**” o el porcentaje de infiltración se pierde, el ciclo hidrogeológico que permite almacenar agua suficiente en el subsuelo se rompe, creando un efecto dominó dentro del ciclo hidrológico, pues al descender los niveles de escurrimientos, se pierden los embalses y sistemas de extracción de agua subterránea para actividades antropogénicas, además que esto fomenta el incremento de escurrimientos superficiales ocasionando desbordamientos e inundaciones.
- Se debe considerar que la demanda de agua no reduciría con el tiempo y si de alguna forma se evita o se reduce la recarga de acuíferos, en un futuro cercano se empezará a hablar de sobreexplotación, trayendo así, consecuencias ambientales catastróficas.
- Los impactos ambientales de un Proyecto respecto a la impermeabilización, se pueden llegar a considerar impactos puntuales, lo cual es un indicativo de que la recarga de acuíferos se verá modificada exclusivamente en dicho sitio. De esta manera, las actividades que comprendan el uso de recursos hídricos se verán afectados de manera importante en el sitio del Proyecto.
- Durante el trazo del Proyecto carretero, el cual implica una superficie lineal, se afecta el proceso de filtración de agua de manera natural hacía el subsuelo en el área ocupada por la carretera, sin embargo, mediante las obras de drenaje que se construyen para este tipo de Proyectos al final se logra descargar al subsuelo y recargar los mantos freáticos, en partes subyacentes a la construcción.

Por último, teniendo en consideración los criterios de: *mitigación* (sí un impacto es mitigable o no), *identificación* (complejidad de identificar la clase impacto), *costo* (valor económico de mitigar la clase impacto), y *recurrencia* (frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas del ciclo de vida de un Proyecto Carretero); se concluye que la **clase/aspecto 1. Modificaciones en el flujo de agua superficial y subterránea y efecto barrera que tiene el agua**, es la más relevante dentro de los Proyectos de Infraestructura Carretera y será la base de partida para la construcción del indicador.



### 3.5. Paso 5: Construcción del indicador

Para Ortegón, Pacheco, & Prieto (2015), en la formulación de indicadores se deben tomar en consideración las siguientes acciones:



**Figura No 17. Consideraciones para construir un Indicador de acuerdo con la MML.**

*Fuente: Elaboración propia, basado en Ortegón, Pacheco, & Prieto (2015, p. 26).*

Adicionalmente, los mismos autores mencionan que para que un indicador genere información de buena calidad, debe tener los atributos de ser específico, medible, alcanzable, relevante y estar enmarcado en el tiempo.

- **Específico:** Corresponde a información explícitamente particular al objetivo que se quiere lograr y que permite al observador verificar si se ha cumplido o no con este.
- **Realizable:** Se debe poder alcanzar el indicador en todos sus aspectos. Cuando no se puede alcanzar lo óptimo, se tiene que buscar una meta realista.
- **Medible:** El indicador debe poder medirse objetivamente (cuantitativa o cualitativamente) y su información debe ser relativamente fácil de recopilar.
- **Relevante:** Algunos indicadores son más apropiados que otros para medir un objetivo específico. Esto dependerá del contexto del Proyecto en específico.
- **Enmarcado en el Tiempo:** El indicador debe expresar plazos, tiempos de inicio, de término y de metas a lograr, o frecuencia, de ser el caso.
- **Independiente:** Además de las características anteriores, no puede haber relación de causa-efecto entre el indicador y el objetivo.

Con esta base se construirá el indicador:

#### ✓ **Objetivo**

El Objetivo del indicador es determinar el impacto ambiental que causa la construcción de un Proyecto Carretero, a las modificaciones en el flujo de agua superficial y subterránea y efecto barrera que tiene el **AGUA**, para enmarcarlo dentro de la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica.

#### ✓ **Indicador en términos de Cantidad**

Se quiere reducir el impacto ambiental que se produce en el **AGUA**, concretamente en la modificación de flujos subterráneos y superficiales, y efecto barrera, que se producen con el desarrollo de Proyectos de infraestructura Carretera.



✓ **Indicador en términos de Calidad**

El estándar sobre el que se comparará el indicador se construirá a partir de los valores de cada uno de los parámetros del indicador.

✓ **Indicador en términos de Tiempo**

El indicador se usará para todo el ciclo de vida del Proyecto Carretero (Preparación, Construcción y Operación y Mantenimiento).

Basados en las respuestas de los expertos de la Encuesta tipo Delphi, así como en las siguientes afirmaciones, se pudieron establecer los tres parámetros con los que se construirá el indicador:

*“El efecto barrera para las corrientes de agua superficial es uno de los impactos potenciales más importantes que se pueden producir. Se puede generar un aumento de los riesgos de inundación que alcanzan especial relevancia en la zona sureste del país, donde la posibilidad de avenidas es mayor. El efecto de corte no se reduce a las aguas superficiales, sino que también puede afectar a los acuíferos libres cuyo nivel estático está cercano a la superficie del terreno, por las excavaciones debidas a la construcción de zanjas y cunetas, entre otras obras que requieran excavación, produciendo un descenso de los niveles piezométricos y afectando localmente el nivel freático. Se considera que este impacto se manifiesta durante la etapa de operación, es decir, una vez que la carretera se ha constituido en un obstáculo definitivo para el patrón natural de drenaje. La interrupción del curso normal de los escurrimientos es más abrupta en las regiones de mayor pendiente y con mayor precipitación” (IMT; SCT, 2000, p. XI).*

Por otro lado, *“la desviación temporal o permanente de caudales es otra de las acciones del Proyecto que puede tener incidencia. Estas desviaciones producen un cambio en los sistemas de escorrentía y en la organización de las aguas superficiales que repercute a muy distintos niveles. Los escurrimientos son físicamente más pronunciados en los lugares montañosos expuestos a promedios mayores de precipitación pluvial anual. Por lo tanto, la modificación de los cauces y relieves por motivo de las obras constructivas ocasiona efectos más adversos en tales regiones” (IMT; SCT, 2000, p. XII).*

3.5.1. Parámetro 1

Para construir el parámetro 1 del indicador, se utilizará la precipitación en la zona de influencia y el tipo de terreno en el que se construirá el Proyecto.

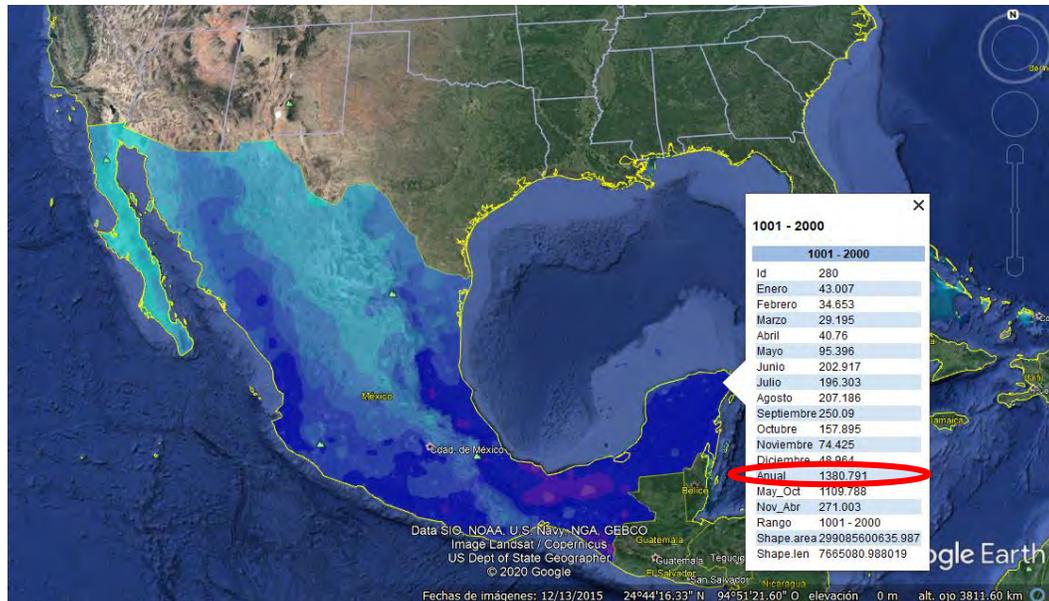
*Precipitación*

Dado que la precipitación es tal vez el elemento más representativo para identificar el impacto al **AGUA** que se tendrá con la construcción de una carretera, se deberá considerar el siguiente proceso para determinarla:

- a) Para este parámetro es necesario conocer la ubicación geográfica en donde se realizará el Proyecto, la cual se encuentra especificada en el apartado de “Localización Geográfica” del ACB.
- b) Una vez conocida la ubicación geográfica se podrá utilizar cualquier fuente oficial de información que presente la precipitación anual de la zona. Para este caso, se utilizará el



Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)<sup>3</sup>; el cual cuenta con un Sistema de Información Geográfica interactivo en el que se muestra la precipitación media anual del país de 2018 (siendo el más reciente) y que puede ser exportada al programa Google Earth para conocer a detalle la información por zona. A continuación, se presenta el vínculo y una imagen de las capas de precipitación anual:



Precipitacion\_norm  
al\_light\_1981-2010.k

**Imagen 1. Precipitación anual, México.**

*Fuente: Google Earth.*

- c) Una vez determinada la precipitación dentro de la zona del Proyecto, se tomará en cuenta la escala. Para la construcción de la escala se utilizó el documento “Las Estadísticas del Agua En México 2018” (CONAGUA, 2018), el cual presenta los datos anuales de precipitación pluvial normal 1981-2010 por Regiones Hidrológico – Administrativas y permitió establecer los rangos de la escala de la precipitación.

Región Hidrológico - Administrativas	Precipitación Normal 1981 -2010	Región Hidrológico - Administrativas	Precipitación Normal 1981 -2010
I. Península de Baja California	168.1 mm	VIII. Lerma Santiago Pacífico	808.1 mm
II. Noroeste	427.8 mm	IX. Golfo Norte	855.3 mm
III. Pacífico Norte	764.8 mm	X. Golfo Centro	1,626.4 mm
IV. Balsas	961.8 mm	XI. Frontera Sur	1,841.9 mm
V. Pacífico Sur	1,138.8 mm	XII. Península de Yucatán	1,207.3 mm
VI. Río Bravo	371.7 mm	XIII. Aguas del Valle de México	648.9 mm
VII. Cuencas Centrales del Norte	397.7 mm	Nacional	739.8 mm

**Tabla 6. Precipitación normal 1981 - 2010.**

*Fuente: Elaboración propia, basado en CONAGUA, 2018.*

<sup>3</sup> <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=precipitacion&ver=mapa&o=3&n=nacional>. (CONAGUA, 2020).



Con estos datos, fue posible determinar la siguiente escala de precipitación, considerando que el promedio entre el valor mínimo (168.1 mm) y el valor máximo (1,841.9 mm) es de 1,005 mm y la precipitación nacional es de 739.8 mm:

Rango Precipitación Media Anual	Escala
0 – 750 mm	Precipitación Baja
750 – 1,500 mm	Precipitación Media
> 1,500 mm	Precipitación Alta

**Tabla 7. Escala propuesta de Precipitación.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

A partir de la información de la Ttabla 7, se podrá determinar la escala en la que se encuentra la zona del Proyecto.

#### *Tipo de terreno*

El tipo de terreno del Proyecto a evaluar se definirá con base en el valor promedio de la caracterización de tramos determinados para el ACB, los cuales se seleccionan basados en la publicación “Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano en México, 2019” (IMT, 2020).

Pendiente gobernadora promedio	Tipo de Terreno
1%	Plano
3%	Lomerío
5%	Montañoso

**Tabla 8. Tipo de Terreno.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### *Construcción parámetro 1*

De los expertos y del IMT y la SCT (2000), se puede identificar que la precipitación es el valor más relevante para este parámetro pues, a mayor precipitación, mayor impacto en la modificación de flujos y efecto barrera al **AGUA**. Adicional a esto, el tipo de terreno también influye, pues a mayor pendiente, los flujos se verán más afectados, generando un mayor impacto.

Se construyó una matriz para que el evaluador pueda asignar un valor al parámetro 1, conociendo las escalas de precipitación y tipos de terreno en los que se encuentra el Proyecto a evaluar. Adicional a lo anterior, y con base en el documento del IMT y la SCT (2000), la precipitación es la más relevante. Dicha matriz se construyó con valores entre 0.1 y 0.9.

Parámetro 1	Precipitación Baja	Precipitación Media	Precipitación Alta
Terreno Plano	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.7</b>
Terreno Lomerío	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>
Terreno Montañoso	<b>0.3</b>	<b>0.6</b>	<b>0.9</b>

**Tabla 9. Valores Parámetro 1.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Dado que a mayor precipitación y pendiente existe mayor impacto se tiene que:

Rango parámetro 1	Escala
P1=0	Sin Impacto
0.1= < P1 <=0.3	Bajo Impacto
0.4= < P1 <=0.6	Medio Impacto
0.7= < P1 <=0.9	Alto impacto

**Tabla 10. Escala propuesta Parámetro 1.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



### 3.5.2. Parámetro 2

Para la construcción del parámetro 2, se utilizará el número de obras de drenaje transversales del Proyecto y el número de cuerpos de agua por el que atraviesa el mismo.

#### *Número de Obras de drenaje transversales*

Este elemento, se obtendrá de la “Descripción del Proyecto”, apartado que se encuentra dentro del ACB, así como en el Proyecto Ejecutivo o Anteproyecto, según sea el caso; en donde se describe el tipo de estructuras que tendrá el Proyecto.

Los tipos de obras de drenaje transversales que se podrían tener en una carretera son los siguientes:

- Tubos
- Cajones
- Bóvedas
- Puentes

#### *Número de Cuerpos de agua Transversales al Proyecto*

A fin de conocer los cuerpos de agua transversales al Proyecto, se puede optar por dos caminos, el primero es a través de los Estudios Hidrológicos y Topo-Hidráulicos del Proyecto; y el segundo, en caso de que estos últimos no estén disponibles para el evaluador, se puede optar por contar dichos cuerpos de agua con base en fuentes oficiales. Para este caso se tiene la plataforma interactiva del INEGI<sup>4</sup>, de la cual se puede obtener la siguiente información:



**Imagen 2. Hidrografía.**

*Fuente: INEGI 2020.*

<sup>4</sup> <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrografia/default.html#Mapa>, (INEGI, 2020).



### Construcción parámetro 2

Para la construcción del parámetro 2, se debe generar una relación entre las obras de drenaje y los cuerpos de agua que atravesará el Proyecto.

$$\text{Parámetro 2} = \frac{\# \text{ cuerpos de agua transversales al Proyecto}}{\# \text{ obras de drenaje transversales del Proyecto}}$$

Dado que las obras de drenaje deben ser iguales o superiores a los cuerpos es de agua para que no exista efecto barrera, se tiene que:

Rango parámetro 2	Escala
P2=0	Sin Impacto
0 < P2 <=1.0	Bajo/medio Impacto
P2 >1.0	Alto Impacto

**Tabla 11. Escala propuesta Parámetro 2.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.5.3. Parámetro 3

El parámetro 3, considera el número de estructuras subterráneas relacionadas con los Pasos Inferiores, otras estructuras como túneles y la longitud del Proyecto.

#### *Número de obras subterráneas*

El número de obras subterráneas se obtendrá de la “Descripción del Proyecto”, apartado que se encuentra dentro del ACB, así como en el Proyecto Ejecutivo o Anteproyecto, según sea el caso; en donde se describe el tipo de estructuras que se tendrá con el Proyecto. Cabe mencionar que los pasos superiores y los viaductos, si bien no son obras subterráneas, consideran cimentaciones que pueden llegar a modificar los flujos subterráneos, solo que en áreas pequeñas por lo que su impacto es menor al de un túnel.

Las obras subterráneas del Proyecto corresponden a:

- Túneles
- Viaductos
- Paso Superior Peatonal Ganadero (PSPyG)
- Paso Superior Vehicular (PSV)

### Construcción parámetro 3

Para la construcción del parámetro 3, se deberá considerar la siguiente escala cualitativa, la cual se construyó a partir de las áreas subterráneas y de cimentaciones que tiene cada tipo de infraestructura:

Tipo de Obra subterránea	Valor unitario
Túnel	4.0
Viaducto	2.0
PSV	1.0
PSPyG	0.5

**Tabla 12. Escala propuesta Parámetro 2.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



### Longitud del Proyecto

La longitud del Proyecto se obtendrá de la “Descripción del Proyecto”, apartado que se encuentra dentro del ACB, así como en el Proyecto Ejecutivo o Anteproyecto, según sea el caso; en donde se describen los kilómetros que tendrá el Proyecto.

### Construcción parámetro 3

Con el número de estructuras se deberá realizar la siguiente función:

$$\text{Parámetro 3} = \frac{((4.0 * \#Túneles) + (2.0 * \#Viaductos) + (1.0 * \#PSV) + (0.5 * \#PSPG))}{\text{km del proyecto}}$$

Dado que las obras subterráneas generan un gran impacto en el efecto barrera, se tiene que:

Rango parámetro 3	Escala
P3=0	Sin Impacto
0 < P3 <=1.0	Bajo/medio Impacto
P3 >1.0	Alto Impacto

**Tabla 13. Escala propuesta Parámetro 2.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.5.4. Indicador

Teniendo los valores de cada uno de los parámetros se puede construir el indicador ambiental como la suma de cada uno de ellos en donde:

$$\text{Indicador Ambiental}_{\text{Mod.flujo agua}} = \text{Parámetro 1} + \text{Parámetro 2} + \text{Parámetro 3}$$

Dadas las escalas de cada uno de los parámetros se tiene que:

Rango parámetro 1	Escala	Rango parámetro 2	Escala	Rango parámetro 3	Escala
P1=0	Sin Impacto	P2=0	Sin Impacto	P3=0	Sin Impacto
0.1 < P1 <=0.3	Bajo Impacto	0 < P2 <=1.0	Bajo/medio Impacto	0 < P3 <=1.0	Bajo/medio Impacto
0.4 < P1 <=0.6	Medio Impacto	P2 >1.0	Alto Impacto	P3 >1.0	Alto Impacto
0.7 < P1 <=0.9	Alto impacto	-	-	-	-

**Tabla 14. Escalas parámetros del indicador.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Como muestra la tabla 14, el mayor impacto está representado por los valores más altos, y por el contrario, a menor impacto se tienen los valores más cercanos a cero. Con la unión de las escalas de los parámetros se construyó el estándar del indicador como se indica a continuación:

Estándar del Indicador	Escala
Indicador=0	Sin Impacto
0 < Indicador <= 2.3	Bajo Impacto
2.3 < Indicador <= 2.6	Medio Impacto
Indicador > 2.6	Alto impacto

**Tabla 15. Estándar del indicador.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Cabe resaltar que se les dio la misma importancia a los parámetros para la construcción del estándar y del indicador.



#### 4. ESTUDIO DE CASO: LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN “NUEVO TRAZO”

El estudio de caso que se desarrollará para probar el indicador ambiental construido en la metodología anterior se trata de una Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica (ACB) Ex Ante.

Dicha Evaluación se realizó en el año 2017 como parte de una Propuesta No Solicitada (PNS) al Gobierno Federal, en la que se pretendió mostrar los costos y beneficios sociales que traería consigo el Proyecto del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” en el Estado de Hidalgo. (SCT, 2017).

##### 4.1. Análisis Costo Beneficio Tradicional

A continuación, se presenta un resumen de los capítulos contenidos en dicho análisis, las cifras y datos mostrados corresponden a los originales de 2017. Dado que el indicador no afectará a los costos ni a la monetización de los beneficios, se usarán dichas cifras como referencia del estudio de caso:

###### 4.1.1. Situación actual

###### *Diagnóstico*

El estudio realizó el siguiente diagnóstico:

“La Carretera Nacional de la Ciudad de México a Nuevo Laredo (Carretera Federal MEX85) fue la primera carretera del país que unió a la Ciudad de México con la frontera de los Estados Unidos y la principal obra ejecutada en esos días. Dicha Carretera conecta la ciudad de México con la frontera de los EE. UU. en Nuevo Laredo, Tamaulipas. Es la ruta original de la Carretera Interamericana, cruza las ciudades de Monterrey, Ciudad Victoria, Ciudad Valles, y Pachuca; termina en la intersección de la autopista 95 en el área de San Pedro de la Ciudad de México; adicional a esto, es la ruta original de la Carretera Panamericana desde la frontera hasta la capital.

El trazo definitivo de la carretera obedeció a varios factores que fueron considerados al tomar las decisiones acerca de su construcción. Las carreteras Nuevo Laredo – Monterrey – Linares y Ciudad de México – Pachuca, ya existían y estaban pavimentadas en toda su trayectoria, a excepción del tramo Linares – Monterrey. Es decir, los extremos de la carretera ya estaban definidos con anterioridad al inicio del Proyecto y construcción, por ende:

- Se buscaba un trazo complementario al de los ferrocarriles, evitando, en la medida de lo posible, el que la nueva carretera corriera paralela a una vía férrea, integrando de esta manera regiones tradicionalmente aisladas y ricas en recursos a la economía nacional.
- Se buscaba economizar en costos y aprovechar mano de obra local para la realización de la obra.

Al estar ya construida la carretera de México a Pachuca, se escogió esta vía como salida hacia Nuevo Laredo desde la Ciudad de México.

Debido al flujo vehicular que se presenta en la zona urbana de Ixmiquilpan y principalmente en la avenida principal, la Carretera Federal presenta deficiencias debido al crecimiento poblacional, pues, actualmente el estado de Hidalgo tiene 2,665,018 habitantes, de los cuales el 79 % viven en comunidades rurales y su actividad principal es la industria manufacturera de alimentos, bebidas y tabaco. El estado cuenta con 82 municipios, dentro de los cuales, Ixmiquilpan se posiciona en el puesto



siete con mayor densidad poblacional, lo que provoca un gran crecimiento vehicular y la necesidad de construir vías alternas en algunos puntos para el desfogue vehicular.

Ixmiquilpan tiene una definición urbana centralizada, lo cual hace que la mayor parte de los viajes tengan como destino el centro de la población y los sectores aledaños al mercado y a los bancos e instituciones públicas. Esta zona se caracteriza por la centralización de actividades comerciales, cívicas, administrativas e institucionales. La ciudad está conformada a partir de una tipología básica de tejido urbano en trazo irregular desordenado, tanto en centro, como en la periferia, que se adapta a la geografía del territorio.

Derivado del recorrido al tramo en estudio, se pudo determinar a fondo la problemática existente, así mismo se identificaron los factores que impactan directamente al tránsito con el que cuenta la zona urbana de Ixmiquilpan:

- ***Accesibilidad***

En esta conformación geográfica se manifiesta el más claro corredor de la ciudad, sobre el cual se viene presentando a través del tiempo: centro – mercado - zona comercial - corredor turístico. El segundo corredor más importante es el que va sobre la avenida Felipe Ángeles, donde se ubican principalmente los servicios públicos, entre la carretera a Actopan y el centro de la población.

Dichos corredores son los de mayor conectividad. Esta situación ha hecho que los flujos vehiculares sobre los mismos y demás vialidades se encuentren en problema de desconexión y fragmentación sobre zonas urbanas periféricas.

- ***Usos del suelo***

La población es un mosaico de usos de suelo, los cuales tienen una sobre posición entre el habitacional y el comercial, generando altas densidades de población concentrada en el centro de la ciudad de lo que resulta que:

- ✓ Los usos comerciales, de servicios e institucionales tienden a aglomerarse en el centro y en los espacios públicos como calles y plazas, los cuales son invadidos por la circulación y estacionamiento de los vehículos automotores.
- ✓ Los pasos peatonales y aceras son estrechas para el tránsito de personas.
- ✓ Existe insuficiencia de infraestructura para recibir los flujos que se generan a causa de la concentración de actividades comerciales y servicios en el área central de la población, como la falta de estacionamiento privado; razón por la cual las vías públicas suplen esta función.



- ***Servicio de transporte público y largo itinerario***

- ✓ Contravención de numerosas normas de tránsito y congestión sobre las vías, especialmente sobre la Carretera Federal, por lo que el transporte es el agente que más deteriora el ambiente urbano y es el principal generador de ruido.
- ✓ La Carretera Federal es una vía de 80 km/h, por lo que al adentrarse a la ciudad los vehículos tienden a bajar la velocidad de operación debido a la sobrepoblación de las vías principales. Cabe mencionar que el paso de transporte pesado sobre la zona centro sufre una pérdida de velocidad debido a la existencia de reductores de velocidad, semáforos y las zonas escolares donde el recorrido es de 20 km/h, así como la existencia de zonas de balnearios sobre la misma.
- ✓ El Sistema de transporte público se ha venido desarrollando sin el conocimiento real de su funcionamiento, sin una Planeación y sin la organización adecuada.

El tramo de estudio actual de la zona de Ixmiquilpan pertenece a la Carretera Federal México 85 (MEX85) y tiene una longitud aproximada de 30.30 km; con dos carriles por sentido de circulación y camellón central (Carretera Tipo A4); con acotamientos en algunos tramos suburbanos y senderos peatonales (banquetas) en zonas urbanas.

El tramo carretero actual se encuentra en mal estado, la superficie de rodamiento es regular ya que un alto porcentaje de vehículos de carga tanto local como foráneo hace uso de este, mientras que la falta de señalamiento horizontal y vertical hace que el índice de accidentalidad sea alto; todos estos factores ocasionan bajas velocidades, formación de colas principalmente dentro de la zona urbana de Ixmiquilpan.

El bajo índice de seguridad y confort para los usuarios es un peligro constante de accidente por maniobras de rebase aumentando los costos de operación y mantenimiento de los vehículos, los cuales se traducen en un incremento en los Costos Generalizados de Viaje.

Además de lo anterior, es necesario señalar que la vialidad en estudio forma parte de un corredor estratégico que comunica a la capital con los principales municipios del poniente del estado, además de las regiones del Bajío y occidente del país.

Con las problemáticas mencionadas anteriormente, la velocidad es un factor que se ve seriamente afectado, puesto que, en horas de máxima demanda, y periodos de congestión se alcanzan velocidades de hasta 26 km/h. Para propósitos de este estudio, la zona del Proyecto fue segmentada en cuatro tramos carreteros, de los cuales se ha calculado el tiempo de recorrido.”



### Análisis de la Oferta Existente

Para el análisis de la oferta y el de la demanda se contó con un estudio de mercado, a continuación, se presenta un resumen de dichos análisis:

De acuerdo con el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos se entiende que:

“La determinación de la oferta actual se refiere a la caracterización de la capacidad de producción, suministro y/o cantidad de bienes o servicios en las condiciones actuales. Para una correcta determinación de la oferta actual, es necesario plantear el área de estudio y el área de influencia del PPI en cuestión”. [...]. “Se describen las características físicas y geométricas de la carretera como lo son el tipo de superficie, índice de rugosidad internacional (IRI), número de carriles, pendientes, grados de curvatura y altitud”.

De acuerdo con el recorrido del tramo en estudio, se identificaron las condiciones actuales, tanto de la carretera, como de las condiciones actuales del pavimento y obras de drenaje existentes; también se verificó tipo de obra, estado físico, obras mayores, como puentes, obras de drenaje.

Concepto	México- Nuevo Laredo			
	1. km 51+000 al km 62+000	2. km 62+000 al km 67+270	3. km 67+270 al km 73+990	4. km 73.990 al km 81+300
Longitud (km)	11.00	5.27	6.72	7.31
Tipo de carretera	A4	A4	A4	A4
Número de carriles	4	4	4	4
Ancho de sección (m)	24.0	24.0	20.0	20.0
Acotamientos	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo de terreno	Plano	Montañoso	Plano	Lomerío
Índice de Rugosidad (IRI)	3.8	3.8	3.8	3.8
Velocidad de operación con congestión (km/h)	50	47	23	30
Velocidad de operación sin congestión (km/h)	57	52	38	50

**Tabla 16. Datos de la oferta en situación Actual.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

### Análisis de la Demanda Actual

Para la estimación del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) base se buscó reflejar el comportamiento de los usuarios de la red de análisis en un día promedio del año, la muestra de origen-destino se expandió y se removió el efecto de estacionalidad del periodo en el que se realizó el estudio de campo.

El proceso de expansión y desestacionalización requirió del cálculo de diversos parámetros: factor de periodo y día, factor semana y factor año. Los primeros dos factores fueron utilizados para expandir la muestra al aforo total del día, mientras que los factores restantes eliminan el efecto de estacionalidad. En el siguiente cuadro se ilustra la obtención de los diferentes factores y el uso del factor total.



Para conocer la información descrita anteriormente, el estudio constó del levantamiento de 3 estaciones de campo, en el que se realizaron los aforos, las encuestas origen-destino y las encuestas de preferencia declarada.

Dado que la zona es urbana se clasificaron los datos del tránsito, en horas pico y horas valle, lo que determinó la situación con congestión (horas pico) y la situación sin congestión (horas valle). Adicional a esto se consideró una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) DE 2.65%.

TRAMO CARRETERA MÉXICO- NUEVO LAREDO	Longitud (km)	Velocidad autos (Km/h)	TDPA	A (%)	B (%)	C (%)	TCMA (%)
1. km 51+000 al km 62+000	11.00	50	10,678	89.94		8.34	2.65
2. km 62+000 al km 67+270	5.27	47	10,678	89.94	1.73	8.34	2.65
3. km 67+270 al km 73+990	6.72	23	20,830	88.66	1.80	9.55	2.65
4. km 73+990 al km 81+300	7.31	30	13,509	86.70	1.38	11.92	2.65

**Tabla 17. Demanda de la Situación actual con congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

TRAMO CARRETERA MÉXICO- NUEVO LAREDO	Longitud (km)	Velocidad autos (Km/h)	TDPA	A (%)	B (%)	C (%)	TCMA (%)
1. km 51+000 al km 62+000	11.00	57	2,293	75.99	5.94	18.07	2.65
2. km 62+000 al km 67+270	5.27	52	2,293	75.99	5.94	18.07	2.65
3. km 67+270 al km 73+990	6.72	38	4,544	73.75	6.10	20.15	2.65
4. km 73+990 al km 81+300	7.31	50	3,222	71.79	5.79	22.42	2.65

**Tabla 18. Demanda de la Situación Actual sin congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

Debe resaltarse que la suma del TDPA con congestión más el TDPA sin congestión, representa el TDPA total de la situación actual.

### *Interacción de la Oferta-Demanda*

El ACB, determinó la Interacción Oferta demanda por medio del Nivel de servicio a continuación se muestra el desarrollo de esta sección:

“El Nivel de Servicio (NS) es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y la percepción de los conductores, para su cálculo del nivel de servicio de una vía se considera volumen vehicular en términos de Tránsito Promedio Diario Anual TPDA, las características geométricas y operativas para cada tramo correspondiente. En caso de entronques, el análisis de nivel de servicio se emplea el volumen de máxima demanda estimado en el eje troncal, accesos y salidas donde convergen las vías de comunicación, considerado también sus características geométricas y operativas.

Para evaluar el NS, se han establecido seis niveles denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. A continuación, se describe brevemente, lo que cada nivel de servicio representa:

- **Nivel de servicio A:** Circulación a flujo libre, los vehículos interactúan con espacio, permitiendo maniobrar libremente y sin problema alguno.



- **Nivel de servicio B:** Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empieza a observar otros vehículos integrantes en la circulación, las maniobras y cambios de carril son aceptables y sin dificultades.
- **Nivel de servicio C:** Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.
- **Nivel de servicio D:** Representa una circulación de densidad elevada pero estable, la velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas y el conductor experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.
- **Nivel de servicio E:** El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos los usuarios se ve reducida a un nivel bajo. La circulación es inestable.
- **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.

A continuación, se muestra, el análisis de los niveles de servicio para la situación actual, los cuales indican que la vía ya opera con a su capacidad deseada, lo que implica unos Altos Costos Generalizados de Viaje para la situación con congestión”.

Año	1. km 51+000 al km 62+000		2. km 62+000 al km 67+270		3. km 67+270 al km 73+990		4. km 73.990 al km 81+300	
	TDPA	Nivel de Servicio						
0	10678	B	10678	A	20830	C	13509	B
1	10961	B	10961	B	21382	C	13867	B
2	11251	B	11251	B	21948	C	14234	B
3	11549	B	11549	B	22530	C	14611	B
4	11855	B	11855	B	23127	C	14999	B
5	12169	B	12169	B	23740	C	15396	B
6	12492	B	12492	B	24369	D	15804	B
7	12823	B	12823	B	25015	D	16223	C
8	13163	C	13163	B	25678	D	16653	C
9	13512	C	13512	B	26358	D	17094	C
10	13870	C	13870	B	27057	D	17547	C
11	14237	C	14237	B	27774	D	18012	C
12	14614	C	14614	B	28510	D	18489	C
13	15002	C	15002	B	29265	D	18979	C
14	15399	C	15399	B	30041	D	19482	C
15	15807	C	15807	B	30837	D	19999	C
16	16226	C	16226	B	31654	D	20529	C
17	16656	C	16656	C	32493	D	21073	C
18	17098	C	17098	C	33354	D	21631	C
19	17551	C	17551	C	34238	D	22204	C
20	18016	C	18016	C	35145	F	22793	C
21	18493	C	18493	C	36076	F	23397	C
22	18983	C	18983	C	37032	F	24017	D
23	19486	C	19486	C	38014	F	24653	D
24	20003	C	20003	C	39021	F	25306	D
25	20533	D	20533	C	40055	F	25977	D



Año	1. km 51+000 al km 62+000		2. km 62+000 al km 67+270		3. km 67+270 al km 73+990		4. km 73.990 al km 81+300	
	TDPA	Nivel de Servicio						
26	21077	D	21077	C	41117	F	26665	D
27	21636	D	21636	C	42206	F	27372	D
28	22209	D	22209	C	43325	F	28097	D
29	22798	D	22797	C	44473	F	28842	D
30	23401	D	23401	C	45652	F	29606	D

**Tabla 19. Interacción Oferta-Demanda con congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

Año	1. km 51+000 al km 62+000		2. km 62+000 al km 67+270		3. km 67+270 al km 73+990		4. km 73.990 al km 81+300	
	TDPA	Nivel de Servicio						
0	2293	A	2293	A	4544	A	3222	A
1	2354	A	2354	A	4665	A	3308	A
2	2416	A	2416	A	4788	A	3395	A
3	2480	A	2480	A	4915	A	3485	A
4	2546	A	2546	A	5046	A	3578	B
5	2614	A	2614	A	5179	A	3672	B
6	2683	A	2683	A	5316	A	3770	B
7	2754	A	2754	A	5457	A	3870	B
8	2827	A	2827	A	5602	A	3972	B
9	2902	A	2902	A	5750	A	4077	B
10	2979	A	2979	A	5903	A	4185	B
11	3058	A	3058	A	6059	B	4296	B
12	3139	A	3139	A	6220	B	4410	B
13	3222	A	3222	A	6385	B	4527	B
14	3307	A	3307	A	6554	B	4647	B
15	3395	A	3395	A	6727	B	4770	B
16	3485	A	3485	A	6906	B	4897	B
17	3577	B	3577	B	7089	B	5026	B
18	3672	B	3672	B	7277	B	5160	B
19	3769	B	3769	B	7469	B	5296	B
20	3869	B	3869	B	7667	B	5437	B
21	3972	B	3972	B	7871	B	5581	B
22	4077	B	4077	B	8079	B	5729	B
23	4185	B	4185	B	8293	B	5880	B
24	4296	B	4296	B	8513	B	6036	B
25	4410	B	4410	B	8739	B	6196	B
26	4527	B	4527	B	8970	B	6360	B
27	4647	B	4647	B	9208	B	6529	B
28	4770	B	4770	B	9452	B	6702	B
29	4896	B	4896	B	9702	B	6880	B
30	5026	B	5026	B	9959	B	7062	B

**Tabla 20. Interacción Oferta-Demanda sin congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*



#### 4.1.2. Situación sin Proyecto

Para la Situación sin Proyecto, el ACB, analizó las optimizaciones que podrían ejecutarse en caso de que el Proyecto no se lleve a cabo, y la proyección de esas optimizaciones en la oferta y la demanda. Adicional a eso consideró el diseño y Evaluación de las alternativas de solución:

##### *Optimizaciones*

En caso de que el Proyecto no se realice, se propone un programa de bacheo, dependiendo del grado de afectación, sólo en los tramos que lo requieran. Con esto, se ofrecerán mejores condiciones de tránsito, como el incremento de las velocidades de operación.

Igualmente, se considera el mejoramiento del señalamiento horizontal y vertical, con información sobre sitios de interés, auxilio carretero y enlace con otras carreteras, libramientos y/o autopistas, esto para guiar al usuario hacia una ruta segura. Al mismo tiempo, se contemplan medidas de conservación y mantenimiento, en las zonas urbanas, tales como: bacheo, reconstrucción de banquetas, taponamiento de grietas, nivelaciones, sobre carpetas, riegos de sello, desazolve de las obras de drenaje, bahías para ascenso y descenso de pasajeros, sincronización de semáforos, entre otros. A continuación, se presentan los costos de las optimizaciones planteadas:

Concepto para optimizar	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	costo total sin IVA*	IVA	costo total con IVA
Señalamiento horizontal	178,840	Km	30.3	5,418,852	867,016	6,285,868
Señalamiento vertical	136,760	Km	30.3	4,143,828	663,012	4,806,840
Mantenimiento mayor y menor de acotamientos o banquetas	68,380	Km	30.3	2,071,914	331,506	2,403,420
Desazolve y reparación de obras de drenaje	368,200	Km	30.3	11,156,460	1,785,034	12,941,494
Sobrecarpeta	5,628,200	Km	30.3	170,534,460	27,285,514	197,819,974
Mantenimiento Normal	894,200	Km	30.3	27,094,260	4,335,082	31,429,342
Construcción de Bahías de ascenso y descenso	1,000,000	Pieza	25	25,000,000	4,000,000	29,000,000
Sincronización de semáforos	35,000	Cruce	10	350,000	56,000	406,000
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>8,309,580</b>	-	-	<b>245,769,774</b>	<b>39,323,164</b>	<b>285,092,938</b>

**Tabla 21. Costo de las optimizaciones.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio. \*precios de 2017.*

Con las acciones planteadas, la seguridad y la velocidad de operación se incrementarían, manifestados en un incremento del IRI, sin embargo, sería de manera poco significativa, debido a que se seguirá teniendo problemas con los usuarios de largo recorrido que no necesitan entrar a la zona urbana.

Tramo	Acciones por realizar	No. de carriles	IRI	Acotamientos
1. México- Nuevo Laredo (km 51+000 al km 64+650)	Mejoramiento de Pavimento y señalamiento.	4	3.5	Si
2. México- Nuevo Laredo (km 64+650 al km 67+270)	Mejoramiento de Pavimento y señalamiento.	4	3.5	Si
3. México- Nuevo Laredo (km 67+270 al km 73+990)	Mejoramiento de Pavimento y señalamiento.	4	3.5	Si
4. México- Nuevo Laredo (km 72+990 al km 81+300)	Mejoramiento de Pavimento y señalamiento.	4	3.5	Si

**Tabla 22. Situación actual optimizada**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*



### Análisis de la Oferta

La carretera MEX85 en el tramo Ent. Colonia – Portezuelo (libre), es una carretera tipo A4 de cuatro carriles, dos por sentido de 3.5 m cada uno, con acotamientos laterales exteriores de 2.5 metros, de pavimento asfáltico. En caso de que el Proyecto no se realice, se tienen las siguientes características, el IRI muestra una mejora, lo que produce un aumento en la velocidad de operación:

Concepto	México- Nuevo Laredo			
	1. km 51+000 al km 62+000	2. km 62+000 al km 67+270	3. km 67+270 al km 73+990	4. km 73.990 al km 81+300
Longitud (km)	11.00	5.27	6.72	7.31
Tipo de carretera	A4	A4	A4	A4
Número de carriles	4	4	4	4
Ancho de sección (m)	24.0	24.0	20.0	20.0
Acotamientos	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo de terreno	Plano	Montañoso	Plano	Lomerío
Índice de Rugosidad (IRI)	3.5	3.5	3.5	3.5
Velocidad de operación con congestión (km/h)	54	50	26	32
Velocidad de operación sin congestión (km/h)	62	57	40	54

**Tabla 23. Datos de la oferta en situación optimizada.**

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.

### Análisis de la demanda

Se considera que, 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 el que solo se ve aumentada la velocidad. En ese sentido, se considera la misma demanda, para el TDPA.

TRAMO CARRETERA MÉXICO- NUEVO LAREDO	Longitud (km)	Velocidad autos (Km/h)	TDPA	A (%)	B (%)	C (%)	TCMA
1. km 51+000 al km 62+000	11.00	50	10,678	89.94%	1.73%	8.34%	2.65%
2. km 62+000 al km 67+270	5.27	47	10,678	89.94%	1.73%	8.34%	2.65%
3. km 67+270 al km 73+990	6.72	23	20,830	88.66%	1.80%	9.55%	2.65%
4. km 73+990 al km 81+300	7.31	30	13,509	86.70%	1.38%	11.92%	2.65%

**Tabla 24. Demanda Sin Proyecto, con congestión.**

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.

TRAMO CARRETERA MÉXICO- NUEVO LAREDO	Longitud (km)	Velocidad autos (Km/h)	TDPA	A (%)	B (%)	C (%)	TCMA
1. km 51+000 al km 62+000	11.00	57	2,293	75.99%	5.94%	18.07%	2.65%
2. km 62+000 al km 67+270	5.27	52	2,293	75.99%	5.94%	18.07%	2.65%
3. km 67+270 al km 73+990	6.72	38	4,544	73.75%	6.10%	20.15%	2.65%
4. km 73+990 al km 81+300	7.31	50	3,222	71.79%	5.79%	22.42%	2.65%

**Tabla 25. Demanda Sin Proyecto, sin congestión.**

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.



Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Año	1. km 51+000 al km 62+000		2. km 62+000 al km 67+270		3. km 67+270 al km 73+990		4. km 73.990 al km 81+300	
	TDPA	Nivel de Servicio						
0	10678	B	10678	A	20830	C	13509	B
1	10961	B	10961	A	21382	C	13867	B
2	11251	B	11251	B	21948	C	14234	B
3	11549	B	11549	B	22530	C	14611	B
4	11855	B	11855	B	23127	C	14999	B
5	12169	B	12169	B	23740	C	15396	B
6	12492	B	12492	B	24369	C	15804	B
7	12823	B	12823	B	25015	D	16223	B
8	13163	B	13163	B	25678	D	16653	B
9	13512	B	13512	B	26358	D	17094	C
10	13870	C	13870	B	27057	D	17547	C
11	14237	C	14237	B	27774	D	18012	C
12	14614	C	14614	B	28510	D	18489	C
13	15002	C	15002	B	29265	D	18979	C
14	15399	C	15399	B	30041	D	19482	C
15	15807	C	15807	B	30837	D	19999	C
16	16226	C	16226	B	31654	D	20529	C
17	16656	C	16656	C	32493	D	21073	C
18	17098	C	17098	C	33354	D	21631	C
19	17551	C	17551	C	34238	D	22204	C
20	18016	C	18016	C	35145	D	22793	C
21	18493	C	18493	C	36076	F	23397	C
22	18983	C	18983	C	37032	F	24017	C
23	19486	C	19486	C	38014	F	24653	D
24	20003	C	20003	C	39021	F	25306	D
25	20533	C	20533	C	40055	F	25977	D
26	21077	D	21077	C	41117	F	26665	D
27	21636	D	21636	C	42206	F	27372	D
28	22209	D	22209	C	43325	F	28097	D
29	22797	D	22797	C	44473	F	28842	D
30	23401	D	23401	C	45652	F	29606	D

Tabla 26. Interacción Oferta-Demanda con congestión.

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.

Año	1. km 51+000 al km 62+000		2. km 62+000 al km 67+270		3. km 67+270 al km 73+990		4. km 73.990 al km 81+300	
	TDPA	Nivel de Servicio						
0	2293	A	2293	A	4544	A	3222	A
1	2354	A	2354	A	4665	A	3308	A
2	2416	A	2416	A	4788	A	3395	A
3	2480	A	2480	A	4915	A	3485	A
4	2546	A	2546	A	5046	A	3578	A
5	2614	A	2614	A	5179	A	3672	A
6	2683	A	2683	A	5316	A	3770	A



Año	1. km 51+000 al km 62+000		2. km 62+000 al km 67+270		3. km 67+270 al km 73+990		4. km 73.990 al km 81+300	
	TDPA	Nivel de Servicio						
7	2754	A	2754	A	5457	A	3870	B
8	2827	A	2827	A	5602	A	3972	B
9	2902	A	2902	A	5750	A	4077	B
10	2979	A	2979	A	5903	A	4185	B
11	3058	A	3058	A	6059	A	4296	B
12	3139	A	3139	A	6220	A	4410	B
13	3222	A	3222	A	6385	A	4527	B
14	3307	A	3307	A	6554	B	4647	B
15	3395	A	3395	A	6727	B	4770	B
16	3485	A	3485	A	6906	B	4897	B
17	3577	A	3577	A	7089	B	5026	B
18	3672	A	3672	A	7277	B	5160	B
19	3769	B	3769	B	7469	B	5296	B
20	3869	B	3869	B	7667	B	5437	B
21	3972	B	3972	B	7871	B	5581	B
22	4077	B	4077	B	8079	B	5729	B
23	4185	B	4185	B	8293	B	5880	B
24	4296	B	4296	B	8513	B	6036	B
25	4410	B	4410	B	8739	B	6196	B
26	4527	B	4527	B	8970	B	6360	B
27	4647	B	4647	B	9208	B	6529	B
28	4770	B	4770	B	9452	B	6702	B
29	4896	B	4896	B	9702	B	6880	B
30	5026	B	5026	B	9959	B	7062	B

**Tabla 27. Interacción Oferta-Demanda sin congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

### *Alternativas de solución*

Para satisfacer las necesidades de demanda y nivel de confort del municipio de Ixmiquilpan y sus alrededores se analizan 3 alternativas de solución.

#### **Alternativa 1 (Proyecto SCT)**

La primera alternativa, consiste en una Autopista tipo A2 de 12.00 m de ancho de corona, 2 carriles de circulación, uno por sentido, en una longitud de 23 kilómetros sobre un terreno plano para permitir velocidades de hasta 100 km/h, contempla la construcción de un túnel de 200 m de longitud.

El monto total de inversión sin incluir el IVA, en moneda nacional se estima en \$1,580,857,878 pesos a 2017.

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, según se menciona a continuación: 1) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; 2) conservación periódica, que incluye bacheo general y riego de sello, con una sobre carpeta; 3) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento.



### **Alternativa 2**

Esta alternativa consiste en una Autopista tipo A2 de 12.00 m de ancho de corona, 2 carriles de circulación, uno por sentido con una longitud total de 31.67 kilómetros, contempla un diseño que permita velocidades de 110km/h, el origen libra 7 kilómetros adicionales de la zona urbana con respecto a la opción 1.

Una ventaja importante de este Proyecto es la disminución del tiempo de recorrido entre las ciudades de Pachuca, Hidalgo, su conexión con el arco norte y destinos provenientes del sur por esta vía, reduciendo significativamente los costos de traslado y mejorando la relación de curva-masa del Proyecto original.

El horizonte de Evaluación del Proyecto es de 30 años, y el periodo de operación es de 27.5 años, debido a que los 30 primeros meses son para liberación del derecho de vía y construcción del Proyecto. El monto total de inversión sin incluir el IVA, en moneda nacional, se estimó en \$2,492,373,657 pesos a 2017. El costo del Proyecto incluye la construcción, supervisión, derecho de vía y obras de mitigación de impacto ambiental, estudios y Proyectos, costos financieros, ingeniero independiente, así como todo lo necesario para el desarrollo del Proyecto.

Durante la etapa de operación, se consideraron los costos de mantenimiento y conservación, según se menciona a continuación: 1) mantenimiento rutinario, que incluye la limpieza general, reparación de desperfectos menores de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; 2) conservación periódica, que incluye bacheo general, colocación de micro carpeta, rehabilitación de señalamiento y reemplazo del Sistema de registro vehicular; 3) conservación periódica, que incluye la rehabilitación del pavimento, realizando fresado general de 2 cm, sobre carpeta de 4 cm, y micro carpeta de 2 cm, así como trabajos de señalamiento horizontal y reposición de señalamiento vertical, con ello se garantiza una estructura que permite alargar la vida útil de la estructura del pavimento, y de la infraestructura en general.

### **Alternativa 3**

El Proyecto consiste en una Autopista tipo A2 de 12.00 m de ancho de corona, 2 carriles de circulación, uno por sentido con una longitud total de 31.67 kilómetros, contempla un diseño que permita velocidades de 110km/h, el origen libra 7 kilómetros adicionales de la zona urbana con respecto a la opción 1.

Una ventaja importante de este Proyecto, es la disminución del tiempo de recorrido entre las ciudades de Pachuca, Hidalgo, su conexión con el arco norte y destinos provenientes del sur por esta vía, reduciendo significativamente los costos de traslado y mejorando la relación de curva-masa del Proyecto original, y además se construye un entronque en su punto medio, permitiendo el acceso de la carretera que viene de progreso y permite la conexión al eje que conecta con la red de carreteras federales hacia Querétaro y San Luis Potosí, mejorando significativamente el aforo vehicular y la distribución de flujos en la red carretera.

El monto total de inversión sin incluir el IVA, en moneda nacional se estima en \$2,581,956,039 pesos a 2017, el costo del Proyecto incluye la construcción, supervisión, derecho de vía y obras de mitigación de impacto ambiental, estudios y Proyectos, costos financieros, ingeniero independiente, así como todo lo necesario para el desarrollo del Proyecto.



Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, según se menciona a continuación: 1) mantenimiento rutinario, que incluye la limpieza general, reparación de desperfectos menores de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; 2) conservación periódica, que incluye bacheo general, colocación de micro carpeta, rehabilitación de señalamiento y reemplazo del Sistema de registro vehicular; 3) conservación periódica, que incluye la rehabilitación del pavimento, realizando fresado general de 4 cm., sobre carpeta de 2 cm, y micro carpeta de 2 cm, así como trabajos de señalamiento horizontal y reposición de señalamiento vertical, con ello se garantiza una estructura que permite alargar la vida útil de la estructura del pavimento, y de la infraestructura en general.

Esta alternativa presenta mayores ventajas pues la distancia del Proyecto es mayor en su longitud, 7 kilómetros con respecto a la propuesta 1, libra mayor distancia en cuanto a la zona urbana, mejorará el nivel de servicio de la vialidad, reduce los tiempos de traslado, disminuye el consumo de combustibles, reduce los costos de conservación de la vialidad, reduce también los costos de operación vehicular y mejora los índices de accidentalidad del tramo en estudio, además de mejorar la zona actual urbana con menos contaminación visual, ruido y ambiental, al disminuir el paso de los vehículos de carga por la zona urbana, al estar más distante de la zona urbana, permite que el crecimiento demográfico y desarrollo no se estrangule y limite.

Con relación a la alternativa 2, tiene proyectado un entronque, que comunica con la carretera progreso - el Tephe, permitiendo el ingreso de vehículos en la zona media y zona de balnearios que permite distribuir y descongestionar la zona urbana, generando además un mayor aforo vehicular e ingresos al Proyecto.

#### Conclusiones:

Basados en la información anterior se realizó una comparación para determinar cuál de las tres alternativas presenta mayores beneficios, tanto en el aspecto técnico como en el económico; por lo que se concluye lo siguiente:

Comparación de Proyectos			
Concepto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Inversión Total sin IVA	\$ 1,580,857,878	\$2,492,373,657	\$2,581,956,039
Longitud vía actual con Proyecto (km)	20.21	30.30	30.30
Longitud Libramiento (km)	23.0	31.67	31.67
Longitud Total (km)	43.21	61.97	61.97
Nivel de Servicio Libramiento	B/C	A	A
Entronques	2	2	3
CAE total	\$2,259,527,885	2,717,182,337	\$2,723,996,747
<b>CAE por km</b>	<b>\$ 52,291,781</b>	<b>\$ 43,846,737</b>	<b>\$ 43,956,700</b>

Tabla 28. Comparación Técnica y Económica de las alternativas.

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.

- La alternativa 3, tiene un mayor beneficio económico que el de la alternativa 1 (SCT), si bien el costo de inversión es mayor, su CAE por km es sensiblemente menor, dado que la longitud del libramiento es de 31.67 km contra los 23.0 km de la alternativa 1. Lo anterior se traduce en un



beneficio para el usuario y para las poblaciones de Yolotepec y Santiago Loma las cuales no estaban contempladas en la alternativa 1, ya que con la 3 se logra descongestionar una mayor longitud de la vía actual al disminuir el paso de los vehículos de carga, lo que implica, además, mejorar la movilidad en las zonas urbanas aledañas, esto se traduce en menor contaminación visual, ruido y ambiental; con relación a la alternativa 2, si bien esta presenta los mismos beneficios mencionados en la alternativa 3, no tiene conexión con la carretera federal 30 (el Tephe), el cual deja sin entradas ni salidas a los usuarios que deseen ingresar a esta población.

- Con relación al nivel de servicio se observa también una ventaja de la alternativa 2 y 3 con respecto a la 1, pues las capacidades instaladas de los trazos nuevos presentan mejores condiciones con un nivel de servicio (A), a lo largo del horizonte de Evaluación, mientras que en la alternativa 1 se proyecta un nivel de servicio (B) los primeros 13 años y posteriormente cae a un nivel (C) hasta el final del periodo de Evaluación.

De acuerdo con las conclusiones anteriores, la alternativa 3 es el Proyecto que resulta ser más viable técnica y económicamente.

#### 4.1.3. Situación con Proyecto

Para la Situación con proyecto, el documento describió todos los aspectos del proyecto, además de realizar un análisis de la oferta, de la demanda y la interacción oferta y demanda:

##### *Descripción general del Proyecto*

El Proyecto consiste en la construcción de un libramiento con longitud total 31.67 kilómetros, con un ancho de corona de 12 metros para alojar dos carriles de circulación de 3.5 metros de ancho cada uno y acotamientos laterales exteriores de 2.5 metros.

La construcción del libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” de forma moderna, segura y eficiente contribuirá en la agilización del tránsito, reduciendo significativamente los tiempos de recorrido y aliviando la saturación de la Carretera Federal 85, separando los tránsitos de largo y corto itinerario, sobre todo para los usuarios provenientes de Actopan y Pachuca.

En el año 2016 se presentó una Propuesta No Solicitada (PNS), que consiste en convertir el Proyecto original de la SCT (alternativa 1), de una Autopista tipo B2 de 12.00 m de ancho de corona, con una longitud de 23 kilómetros y un túnel, a una Autopista tipo A2 de 12.00 m de ancho de corona, de 31.67 kilómetros de longitud, con un diseño que permita velocidades de 110km/h, además se construye un entronque en su punto medio, permitiendo el acceso de la carretera que viene de Progreso y permite la conexión al eje que conecta con la red de carreteras federales hacia Querétaro y San Luis Potosí.

Una ventaja importante de este Proyecto es la disminución del tiempo de recorrido entre las ciudades de Pachuca, Hidalgo, su conexión con el arco norte y destinos provenientes del sur por esta vía, reduciendo significativamente los costos de traslado. El derecho de vía contemplado para este Proyecto es de 60 metros de ancho, cargando hacia un extremo la troncal del Proyecto para que en su momento si el aforo lo justifica, permita su ampliación y aprovechamiento.

El origen de la Autopista con el Entronque I Patria Nueva y se da en la igualdad del cadenamamiento 51+000.00 Carretera México - Nuevo Laredo ubicado en una tangente. El trazo se dirige en dirección Noroeste, pasando por el entronque ubicado en el km: 19+100.00 de la carretera Progreso - el Tephé y



concluye en el entronque III portezuelo ubicado en el kilómetro 81+300.00 de la Carretera Federal México-Nuevo Laredo.

Las características generales del Proyecto presentado se enumeran a continuación:

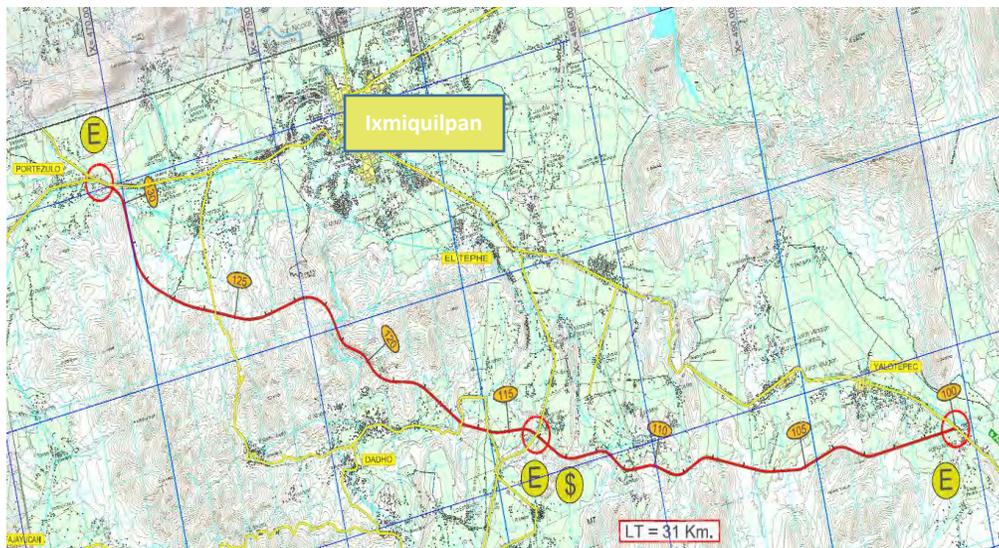
Conceptos	Características
Tipo de carretera	A2
Tipo de terreno predo	lomerío suave y montañoso
Longitud	31.67 km
Carriles/ancho	2/3.50 m
Acotamientos	2.50 m
Tipo de pavimento	Asfáltico
Velocidad del Proyecto	110 km/h
Ancho de corona	12.00 m
Anchos de derecho de vía	60.00m

**Tabla 29. Características geométricas del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

La longitud total del Proyecto es de 31.67 km, compuestos por una vía troncal, además contará con 3 entronques a desnivel, uno al inicio, el 2° en la parte media y el 3° en la parte final del trazo, todos con sus respectivas estructuras.

La Autopista es un solo eje troncal dividido en su parte media a la altura del kilómetro 14+980 del Proyecto por un entronque, que permite el acceso de los vehículos provenientes de la carretera Progreso- el Tephé en el kilómetro 19+100.



**Imagen 1. Croquis de Ubicación del Proyecto.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

El entronque comunica la Autopista con la carretera libre, permitiendo el acceso a los poblados de Progreso y el Tephé, así como todos los usuarios de los balnearios que no quieran pasar por la zona urbana congestionada.



## Relación de Estructuras

De acuerdo con el perfil, la planta, las secciones transversales se da una relación de obras proyectadas para el tramo del km 100+000 al km 131+670, se tiene contemplada la realización de 3 entronques, 6 puentes y 38 estructuras, que incluyen PSV's, PIV, Puentes y PSPyG, distribuidas en:

OBRA: LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN "Entronques"		
No.	CADENAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA
1	100+500	ENTRONQUE I
2	115+000	ENTRONQUE II
3	131+000	ENTRONQUE III
OBRA: LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN "Puentes"		
No.	CADENAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA
1	102+650	PUENTE SIN NOMBRE
2	106+830	PUENTE BARRANCA XIOTHO
3	109+780	PUENTE BARRANCA XUCHITAN
4	122+200	PUENTE RÍO TULA
5	125+980	PUENTE SAN ANTONIO
6	128+560	PUENTE SIN NOMBRE

Tabla 30. Relación de estructuras del Libramiento Ixmiquilpan "Nuevo Trazo" (1 de 2)

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.

No.	CADENAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA	ESTATUS	OBSERVACIONES
1	100+740	PSV (1V)	OK	
2	100+795	PSV(2 VIAS Y CANAL)	OK	CLARO 25 M
3	100+955	PSV (2V)	OK	
4	101+285	PSV (1V)	OK	
5	101+500	PSV (1V)	OK	
6	101+870	PSV (1V)	OK	
7	102+020	PSV (1V)	OK	
8	102+860	PIV (1V)	OK	Acceso a basurero
9	103+510	PSV (1V)	OK	
10	104+300	PIV (1V)	OK	
11	106+420	PSV (1V)	OK	
12	106+650	PSV (1V)	OK	
13	107+053 (107+060)	PSV (1V)	OK	
14	107+860	PIV (1V)	OK	
15	108+690	PIV (1V)	OK	
16	109+435.66 (109+440)	PSV (1V)	OK	
17	109+634	PSV (1V)	OK	
18	110+280	PSV(2V)	OK	
19	110+460	PIV (2V)	OK	
20	110+930	PSV (1V)	OK	
21	111+270	PSV(1V)	OK	
22	111+445	PSV (2V)	OK	
23	111+883 (111+880)	PIV (1V)	OK	
24	112+444	PSV 1V	OK	Se reubicar tanque superficial y el camino que conduce a este se cancela
25	113+340	PIV (1V)	OK	
26	114+320	PSV (1V)	OK	
27	114+660	PSV (1V)	OK	
28	115+360	PIV (1V)	OK	
29	115+813.98 (115+820)	PUENTE CANAL	OK	puente canal
30	116+317	PIV (2V)	OK	
31	117+150	PIV (2V)	OK	Carretera a El Alberto
32	118+000	PSV (1V)	OK	
33	118+350	PIV (1V)	OK	
34	118+735 (118+740)	PIV (1V)	PUENTE CANAL	Rectificación de camino y construcción de puente canal
35	121+950	PIV (2V)	OK	Carretera Ixmiquilpan-El Alberto
36	123+680	PSPyG	OK	
37	125+650	PIV (1V)	OK	
38	130+440	PIV (1V)	OK	

Tabla 31. Relación de estructuras del Libramiento Ixmiquilpan "Nuevo Trazo" (2 de 2)

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.



Año	Inversión S/IVA	Deflactor	Actualizado 2017 s/IVA	Actualizado 2017 c/IVA	Acumulado s/IVA	Acumulado c/IVA
2018	\$200,500,000	1	\$200,500,000	\$163,460,000	\$200,500,000	\$163,460,000
2019	\$1,268,609,886	1	\$1,268,609,886	\$1,471,587,467	\$1,469,109,886	\$1,635,047,467
2020	\$1,112,846,153	1	\$1,112,846,153	\$1,290,901,537	\$2,581,956,039	\$2,925,949,005

**Tabla 32. Descripción del calendario de inversión del Proyecto.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

### *Alineación Estratégica*

El Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo trazo” se sustenta en la normatividad vigente de Planeación Federal, Estatal y Municipal, partiendo de la ley de Planeación, Publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha 05 de enero de 1983.

En términos de lo establecido en su artículo primero, las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer, entre otros aspectos, los siguiente:

- I. Las normas y principios básicos conforme a los cuales se llevará a cabo la Planeación Nacional del Desarrollo y encauzar, en función de ésta, las actividades de la administración Pública Federal;
- II. Las bases para que el Ejecutivo Federal coordine sus actividades de Planeación con las entidades federativas, conforme a la legislación aplicable;
- III. Las bases para que las acciones de los particulares contribuyan a alcanzar los objetivos y prioridades del plan y los programas.

Se encuentra alineado además con el “Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018” (Compromiso de Gobierno 082) y cumple con el apartado “México Próspero” el cual tiene como objetivo (4.9): contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica, cuya estrategia (4.9.1) es modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia, partiendo de las siguientes líneas de acción:

- Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.
- Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros.

Dentro del “Programa Sectorial de Comunicaciones y transportes 2013 – 2018”, se alinea con el objetivo (1) de: Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social, y la estrategia (1.1) en la que se argumenta que se debe Modernizar, construir y conservar la red de carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterio estratégicos de eficiencia, seguridad y equidad regional; partiendo de las siguientes líneas de acción:



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

Para el “Sector Carretero” cumple con el objetivo de consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes. Por medio de la Modernización de las Carreteras Interestatales por medio de la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos Ampliando y construyendo tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.

De igual manera que se encuentra alineado con el “Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018”, el cual está enfocado en detonar la actividad económica y la generación de empleos para apoyar el desarrollo de infraestructura con una visión de largo plazo, basada en los tres ejes rectores del PND:

- I. Desarrollo regional equilibrado
- II. Desarrollo urbano
- III. Conectividad logística

En donde el Gobierno Federal busca el objetivo específico número 1 en apego al Sistema Nacional de Planeación Democrática a través del mencionado PNI 2014 – 2018:

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.

*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, con las siguientes líneas de acción:

1.1.1 Mejorar la competitividad y eficiencia de la red de transportes a través del desarrollo de infraestructura integral, multimodal y que agregue valor.

1.1.2 Consolidar corredores logísticos nacionales mediante infraestructura que estructure el territorio nacional en ejes longitudinales y transversales que fortalezcan las cadenas de suministro.

1.1.3 Facilitar el comercio exterior desarrollando proyectos que agilicen los flujos internacionales de carga y descongestionen los accesos a puertos fronterizos marítimos y terrestres.

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

Con relación al Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016, refiere líneas de acción del Gobierno del Estado de Hidalgo en materia de Desarrollo Social y Comunitario, a efecto de garantizar el acceso y la comunicación con cada una de las localidades del estado, a lo largo de todo el año para evitar su aislamiento, a través del mejoramiento y mantenimiento permanente de los caminos.



La Evaluación del proyecto de inversión para la construcción del libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” se realiza de conformidad con los lineamientos para la elaboración y presentación de los ACB de la SHCP.

*Localización geográfica*

El municipio de Ixmiquilpan se encuentra ubicado en el estado de Hidalgo, en una zona conocida como “valle del mezquital” y, según los datos preliminares del XIII Censo de Población y Vivienda realizado en 2010, tiene una población de 86,363 habitantes. Esta región se caracteriza por extensas planicies rodeadas de montañas, con el mezquite como el principal componente de su vegetación. En el Valle se encuentran 26 municipios en total, de los cuales los más representativos son Actopan, Alfajayucan, Tasquillo, Tula de Allende e Ixmiquilpan, este último con la mayor población.

El proyecto tiene una trayectoria que cruza por seis municipios del estado de Hidalgo (Tasquillo, Alfajayucan, Ixmiquilpan, San Salvador, Santiago Anaya y Chilcuatla), además de atravesar poblados importantes tales como, Patria Nueva, Yolotepec, Julián Villagrán, Toscano, Ignacio López Rayón e Ixmiquilpan.

Para el Valle del Mezquital la carretera federal 85 “Entronque Colonia – Portezuelo” es la más importante, ya que permite la comunicación entre los principales municipios de la región y la capital del Estado. Esta carretera es también un corredor turístico, cuyos sitios de interés recreacional que ofrece a los viajeros lo hacen de gran importancia no solo para la región, sino para el Estado también. La zona del valle del mezquital se caracteriza por la presencia de un gran número de balnearios y parques acuáticos, que suman más de 25 a lo largo de todo el corredor; además, existen zonas para el desarrollo de turismo ecológico y de aventura. Los pobladores de Pachuca y otros municipios del Estado, así como habitantes del Distrito Federal y del Estado de México frecuentan este tipo de lugares en los fines de semana. El proyecto también tiene gran relevancia para los viajes de largo recorrido que circulan por la zona. Esto debido a que próximo al municipio de Ixmiquilpan se localiza la bifurcación de la carretera federal 85 que permite ya sea continuar hacia el norte por esta misma carretera en dirección hacia Ciudad Valles; o hacia el oeste en dirección Querétaro utilizando la carretera federal 45 Portezuelo – Palmillas.

La ubicación del proyecto es la siguiente:

COORDENADAS DE INICIO Y FINAL DE TRAZO			
PUNTO	CADENAMIENTO	X	Y
INICIO	100+000	494604.200	2252919.891
FINAL	131+670	469297.407	2265201.582

**Tabla 33. Coordenadas de inicio y fin del proyecto.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*



Calendario de actividades

Concepto	2018												2019											
	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	mes 13	mes 14	mes 15	mes 16	mes 17	mes 18	mes 19	mes 20	mes 21	mes 22	mes 23	mes 24
Licitación y Proyecto Ejecutivo																								
LDV																								
MIA																								
Cierre Fianciero																								
Construcción																								
puesta en operación																								

Concepto	2020											
	mes 25	mes 26	mes 27	mes 28	mes 29	mes 30	mes 31	mes 32	mes 33	mes 34	mes 35	mes 36
Licitación y Proyecto Ejecutivo												
LDV												
MIA												
Cierre Fianciero												
Construcción												
puesta en operación												

Tabla 34. Descripción del calendario de actividades de la construcción.

Fuente: Análisis Costo - Beneficio.



### Monto Total de Inversión

El monto total de inversión del proyecto es de **\$2,581,956,039** sin IVA a pesos de 2017; a continuación, se presentan los costos de cada uno de los conceptos.

CONCEPTO	IMPORTE SIN IVA	IVA	IMPORTE CON IVA
Terracerías	510,727,458	81,716,393	592,443,851
Obras de drenaje	68,843,797	11,015,007	79,858,804
Obras complementarias	14,107,036	2,257,126	16,364,161
Pavimentos	458,986,078	73,437,773	532,423,851
Señalamiento	122,456,640	19,593,062	142,049,702
Estructuras	454,253,889	72,680,622	526,934,512
Entronques	268,747,148	42,999,544	311,746,691
Caseta de cobro	84,830,650	13,572,904	98,403,554
Estudios de Demanda	2,300,000	368,000	2,668,000
Impacto Ambiental	2,069,540	331,126	2,400,666
Proyecto Ejecutivo	11,316,860	1,810,698	13,127,558
Mecánica de Suelos	19,313,600	3,090,176	22,403,776
Ing. Independiente	69,403,344	11,104,535	80,507,879
Honorarios fiduciarios	2,250,000	360,000	2,610,000
Administración del proyecto	3,000,000	480,000	3,480,000
Fianzas	2,850,000	456,000	3,306,000
Derecho de vía	360,000,000	0	360,000,000
Gestiones (avalúos, garantías, etc.)	34,500,000	5,520,000	40,020,000
Fondo de reserva del derecho de vía	72,000,000	0	72,000,000
Fondo de reserva de mantenimiento	20,000,000	3,200,000	23,200,000
<b>TOTAL</b>	<b>2,581,956,039</b>	<b>343,992,966</b>	<b>2,925,949,005</b>

**Tabla 35. Monto Total de Inversión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

### Fuente de Financiamiento

La fuente de financiamiento del proyecto es privada ya que se pretende realizar bajo esquema de Asociación Público -Privada.

Fuente de los recursos	Monto con IVA	Porcentaje
Federales	0	0%
Estatales	0	0%
Municipales	0	0%
Fideicomisos	0	0%
Otros (Privados)	\$2,925,949,005	100%
<b>Total</b>	<b>\$2,925,949,005</b>	<b>100%</b>

**Tabla 36. Fuente de Financiamiento.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*



### Capacidad Instalada

El proyecto consiste en la construcción de libramiento con longitud total 31.67 kilómetros, con un ancho de corona de 12 metros para alojar dos carriles de circulación de 3.5 metros de ancho cada uno y acotamientos laterales exteriores de 2.5 metros. Para el cálculo del nivel de servicio, así como de la capacidad vial se utilizó la metodología del Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000), para carreteras de dos carriles.

LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN "NUEVO TRAZO"						
Año	A. 100+000 -115+000		B. 115+000 - 123+000		C. 123+000- 131+670	
	TDPA	Nivel de Servicio	TDPA	Nivel de Servicio	TDPA	Nivel de Servicio
0	2296	A	2274	A	2274	A
1	2357	A	2334	A	2334	A
2	2420	A	2396	A	2396	A
3	2484	A	2459	A	2459	A
4	2550	A	2524	A	2524	A
5	2617	A	2591	A	2591	A
6	2686	A	2660	A	2660	A
7	2758	A	2731	A	2731	A
8	2831	A	2803	A	2803	A
9	2906	A	2877	A	2877	A
10	2983	A	2953	A	2953	A
11	3062	A	3032	A	3032	A
12	3143	A	3112	A	3112	A
13	3226	A	3194	A	3194	A
14	3312	A	3279	A	3279	A
15	3399	A	3366	A	3366	A
16	3490	A	3455	A	3455	A
17	3582	A	3547	A	3547	A
18	3677	A	3641	A	3641	A
19	3774	A	3737	A	3737	A
20	3874	A	3836	A	3836	A
21	3977	A	3938	A	3938	A
22	4082	A	4042	A	4042	A
23	4191	A	4149	A	4149	A
24	4302	A	4259	A	4259	A
25	4416	A	4372	A	4372	A
26	4533	A	4488	A	4488	A
27	4653	A	4607	A	4607	A
28	4776	A	4729	A	4729	A
29	4903	A	4854	A	4854	A
30	5033	A	4983	A	4983	A

**Tabla 37. Capacidad Instalada.**  
Fuente: Análisis Costo - Beneficio.



### Metas anuales y totales de producción

Con la entrada en operación del Libramiento, cuya longitud será de 31.67 km, se atenderán en promedio a 2,223 usuarios con un nivel de servicio A, a lo largo del horizonte de Evaluación:

CONCEPTO	Metas físicas			
	2018	2019	2020	2021
Análisis financiero	100%	100%	100%	100%
Estudios	71%	100%	100%	100%
Derecho de vía	13%	71%	100%	100%
Medio ambiente	57%	100%	100%	100%
Cierre financiero	-	100%	100%	100%
Etapa de ejecución	-	21%	84%	100%
Terracerías	-	28%	86%	100%
Obras de drenaje	-	28%	86%	100%
Obras complementarias	-	-	67%	100%
Pavimentos	-	-	57%	100%
Estructuras	-	20%	80%	100%
Entronques	-	20%	80%	100%
Señalamiento	-	-	25%	100%
Caseta de cobro	-	-	-	100%
Puesta en operación	-	-	-	100%
<b>AVANCE TOTAL</b>	<b>29.7%</b>	<b>78.4%</b>	<b>97.3%</b>	<b>100.0%</b>

**Tabla 38. Metas anuales y totales de producción.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

### Vida Útil

El proyecto tendrá una vida útil de 27 años y 30 años de horizonte de Evaluación (puesto que se contemplan 3 años de construcción y realización de estudios).

### Descripción de los aspectos más relevantes

#### Estudios Técnicos:

Actualmente se tienen realizados los siguientes estudios:

- Levantamiento topográfico y reconocimiento del trazo, ambos en un 100 %
- Censo de los predios, el cual contempla un 100% de avance
- Proyecto ejecutivo, 100% de avance
- Manifiesto de impacto ambiental (MIA), entregado y autorizado 100%

#### Estudios Legales:

El derecho de vía necesario para el proyecto ha quedado identificado y se cuenta con una descripción que indica la localidad de los inmuebles, la relación de inmuebles, superficie afectada, ubicación, superficie afectada, régimen y valor económico aproximado. Con base en lo anterior se concluye que la naturaleza del proyecto permite obtener las autorizaciones y permisos necesarios para hacer el desarrollo sin afectar, modificar, obstruir o eliminar bienes y servicios de CFE, PEMEX, CONAGUA, INAH Y SCT.



### Estudios Ambientales:

En materia de impacto ambiental, el proyecto se presentó en abril de 2016 en la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT y en apego a los artículos 28, fracciones I y VII y 30 primer párrafo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 5, incisos B y O, fracción I, 9, 10, 11, 13, 14 y 17 de su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental y 28, fracción II del Reglamento Interior de la SEMARNAT se presentó la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R), del proyecto denominado “Libramiento Ixmiquilpan en el estado de Hidalgo, Nuevo trazo” para su Evaluación y dictamen, mismo que fue autorizado, mediante oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/07016 de fecha 20 de septiembre de 2016, el cual se encuentra vigente, considerando un plazo de 4 años de vigencia para el desarrollo de la construcción.

### Estudios de Mercado:

El estudio de mercado se encuentra terminado al 100%, y es el relativo al Estudio de Oferta y Demanda.

#### *Análisis de la Oferta*

Con la realización del Proyecto de infraestructura presentado (Oferta) se pretende 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 Costos de Operación Vehicular (COV) se reducen de forma sensible, siendo esta reducción beneficiosa a la comunidad. En ese sentido, una vez que entre en operación el Proyecto la oferta de infraestructura en el libramiento quedaría como sigue:

Concepto	México- Nuevo Laredo				Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”		
	1. km 51+000 al km 62+000	2. km 62+000 al km 67+270	3. km 67+270 al km 73+990	4. km 73+990 al km 81+300	A. 100+000 -115+000	B. 115+000- 123+000	C. 123+000- 131+670
Longitud (km)	11.0	5.27	6.72	7.31	15.0	8.0	8.67
Tipo de carretera	A4	A4	A4	A4	A2	A2	A2
Número de carriles	4	4	4	4	2	2	2
Ancho de sección (m)	24.0	24.0	20.0	20.0	12.0	12.0	12.0
Acotamientos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo de terreno	Plano	Mont.	Plano	Lomerío	Lomerío	Mont.	Lomerío
Índice de Rugosidad (IRI)	3.5	3.5	3.5	3.5	2.2	2.2	2.2
Velocidad de operación con congestión (km/h)	59	55	33	39	-	-	-
Velocidad de operación sin congestión (km/h)	65	60	47	58	110	110	110

**Tabla 39. Datos de la Oferta.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

Además, las velocidades de operación aproximadas para este escenario consideran la existencia de casetas, las cuales operarían de manera eficiente haciendo que el tiempo requerido en cada una de



ellas no sea significativo. También se desprecia el cambio de velocidad que experimentarán los usuarios al interactuar con las casetas, puesto que los tramos en Evaluación no las incluyen. Con lo anterior, el tiempo de recorrido se mejora de 32 minutos en el caso sin el PPI y sin congestión, a 18 minutos para el caso con el PPI sin congestión, lo que significa una reducción en el tiempo de operación de casi 44 por ciento.

#### *Análisis de la Demanda*

Para la situación con Proyecto también se actualizaron a 2017, los datos del estudio de demanda realizado por Cal y Mayor, con la TCMA propuesta para el Proyecto de 2.65 %.

Carretera	Tramo	Longitud (km)	Velocidad promedio (Km/h)	TDPA	A (%)	B (%)	C (%)	TCMA
LIBTAMIENTO IXMIQUILPAN "NUEVO TRAZO"	A. 100+000 - 115+000	15.0	-	-	66.12	2.28	31.61	2.65%
	B. 115+000 - 123+000	8.0	-	-	62.57	2.30	35.12	2.65%
	C. 123+000 - 131+670	8.67	-	-	62.57	2.30	35.12	2.65%
CARRETERA FEDERAL MÉXICO-NUEVO LAREDO	1. 51+000-62+000	11.00	59	8,788	95.37	1.62	3.01	2.65%
	2. 62+000-67+270	5.27	55	8,788	95.37	1.62	3.00	2.65%
	3. 67+270-73+990	6.72	33	18,963	91.36	1.76	6.88	2.65%
	4. 73+990-81+300	7.31	39	11,673	90.72	1.24	8.04	2.65%

**Tabla 40. Demanda de la Situación con Proyecto, con congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

Carretera	Tramo	Longitud (km)	Velocidad promedio (Km/h)	TDPA	A (%)	B (%)	C (%)	TCMA
LIBTAMIENTO IXMIQUILPAN "NUEVO TRAZO"	A. 100+000 - 115+000	15.0	110	2,296	66.12	2.28	31.61	2.65%
	B. 115+000 - 123+000	8.0	110	2,274	62.57	2.30	35.12	2.65%
	C. 123+000 - 131+670	8.67	110	2,274	62.57	2.30	35.12	2.65%
CARRETERA FEDERAL MÉXICO-NUEVO LAREDO	1. 51+000-62+000	11.00	65	1,887	78.43	6.74	14.83	2.65%
	2. 62+000 - 67+270	5.27	60	1,887	78.43	6.74	14.83	2.65%
	3. 67+270 - 73+990	6.72	47	4,137	74.99	6.48	18.54	2.65%
	4. 73+990 - 81+300	7.31	58	2,784	73.46	6.35	20.19	2.65%

**Tabla 41. Demanda de la Situación con Proyecto, sin congestión.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*



#### 4.1.4. Evaluación de los indicadores de Rentabilidad

Para la Evaluación del proyecto el documento presenta, los costos y el cálculo de los beneficios que el proyecto traerá consigo, a fin de tener un flujo que permita estimar los indicadores de rentabilidad:

##### Costos

Durante la etapa de construcción se contemplaron los siguientes costos, cabe mencionar que, para realizar el análisis económico, los costos del Proyecto son evaluados sin IVA.

Inversión s/IVA	Inversión c/IVA
\$2,581,956,039	\$2,925,949,005

**Tabla 42. Inversión total del Proyecto.**

*Pesos de 2017.*

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

Durante la etapa de operación, se consideraron los costos de mantenimiento y conservación:

Para la situación sin Proyecto y con Proyecto los costos de mantenimiento son para pavimento de asfalto, y corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (ii) conservación periódica, que incluye bacheo general y riego de sello cada 4 años; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 16 años. La siguiente tabla presenta los costos de mantenimiento y conservación considerados:

Carretera	Tramo	Longitud (km)	Rutinario	Periódica		Reconstrucción
				Bacheo general	Bacheo general y riego de sello	
LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN "NUEVO TRAZO"	A. 100+000 - 115+000	15.0	1,581	7,650	42,075	114,750
	B. 115+000 - 123+000	8.0	843	4,080	22,440	61,200
	C. 123+000 - 131+670	8.67	914	4,422	24,319	66,326
CARRETERA FEDERAL MÉXICO- NUEVO LAREDO	1. 51+000- 62+000	11.00	1,841	8,910	49,005	133,650
	2. 62+000 - 67+270	5.27	882	4,269	23,478	64,031
	3. 67+270 - 73+990	6.72	1,125	5,443	29,938	81,648
	4. 73+990 - 81+300	7.31	1,224	5,921	32,566	88,817

**Tabla 43. Mantenimiento y Conservación (Miles de pesos/año) del Proyecto.**

*Pesos de 2017.*

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

##### Beneficios Directos

Los beneficios del Proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y (ii) 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, sin y con 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 el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron de la información proporcionada Dirección General de Carreteras, de la SCT. De acuerdo con la “Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2016” del IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$41.54 y por motivo de placer de \$24.92 pesos por hora. Adicional a esto de acuerdo con el estudio de demanda el tramo 1, 2, y A se considera que el porcentaje de viajeros por motivo de trabajo es de 47.5 %, mientras que para los tramos 3, 4, B y C es en promedio de 55.0 %, tanto para automóvil como para autobús.

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	41.54	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	24.92	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo	47.5%	%
Número de pasajeros auto	2.43	pas/veh
Número de pasajeros autobús	23.52	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	15.97	ton/veh

**Tabla 44. Configuración del valor del tiempo Tamos 1, 2 y A.**

*\*El número de pasajero por auto y autobús, se obtuvo de trabajos de campo.*

*\*El valor del tiempo de la carga y las Toneladas promedio se tomaron del IMT.*

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	41.54	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	24.92	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo	55.0%	%
Número de pasajeros auto	2.43	pas/veh
Número de pasajeros autobús	23.52	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	15.97	ton/veh

**Tabla 45. Configuración del valor del tiempo Tamos 3, 4 B y C.**

*\*El número de pasajero por auto y autobús, se obtuvo de trabajos de campo.*

*\*El valor del tiempo de la carga y las Toneladas promedio se tomaron del IMT.*

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

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 (año 3).



Costos (miles de pesos)	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Por tiempo de viaje del tránsito	682,413	497,220	185,193

**Tabla 46. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del Proyecto.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

### **Ahorro en costos de operación vehicular**

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron utilizando el submodelo Vehicle Operating Cost (VOC) el cual es un desglose del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos para correr el modelo se extrajeron del documento “COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2016” (Publicación Técnica 471), emitido por el IMT, 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 cálculo son el IRI y el tipo de terreno.

Parámetro	Unidad	Automóvil	Autobús	Camión
<b>Utilización del vehículo</b>				
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
<b>Costos unitarios</b>				
1. Precio del vehículo nuevo	\$	232,335.00	2,169,720.00	1,116,138.00
2. Costo del combustible	\$/litro	15.79	16.89	16.89
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	27.30	26.65	26.65
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	970.00	2,790.00	2,605.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	23.29	66.64	53.40
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	22.10	57.20	38.02
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00
9. Tasa de interés anual real	%	1.53	1.53	1.53
10. Costos indirectos por vehículo-km	\$	0.36	1.09	1.21

**Tabla 47. Parámetros para obtener los costos de operación vehicular VOCMEX.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

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.

La siguiente tabla presenta los costos operación vehicular (miles de pesos por año) al primer año de operación del Proyecto.

Costos (miles de pesos)	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Operación del tránsito vehicular	1,805,610	1,686,223	119,387

**Tabla 48. Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del Proyecto.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*



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 2.65 % anual durante el periodo de análisis y cuatro carriles de circulación.
- En la situación con Proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en la descripción del Proyecto.

*Beneficios intangibles directos e indirectos*

Los beneficios intangibles del Proyecto son los siguientes:

Directos	Indirectos
Mayor comodidad para los usuarios	Reducción de contaminación ambiental por gases y por ruido
Mayor seguridad a los usuarios (con la disminución de accidentes)	Impulso de la actividad económica y productiva de la Región, al contar con una mejor infraestructura de acceso
Seguridad a los usuarios contra robos	Mayor control y seguridad para que los usuarios viajen tranquilos, y su seguridad personal no se vea afectada.

**Tabla 49. Beneficios intangibles directos e indirectos.**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

*Indicadores de rentabilidad*

Los indicadores de rentabilidad son los siguientes:

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 1,139,935,003 pesos
Tasa interna de retorno (TIR)	13.98%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	10.95%

**Tabla 50. Indicadores de rentabilidad**

*Fuente: Análisis Costo - Beneficio.*

**4.1.5. Conclusiones**

El Proyecto del Libramiento se encuentra localizado en una zona en la que su principal importancia radica en la oferta turística (Balnearios), tanto en Ixmiquilpan, como en el Estado de Hidalgo, el proyecto mejorará la accesibilidad en la región para el transporte de largo itinerario, pues estos usuarios ya no se verán obligados a conducir por poblaciones que tienden a aglomerarse en las zonas centro, adicional a esto la Evaluación realizada indica que el proyecto es económicamente rentable, con una TIR de 13.98%, una TRI de 10.95% y un VPN de 1,139 millones de pesos.

Esto significa que permitirá ofrecer beneficios significativos debido a ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto. Lo que confirma que el proyecto es rentable y fomentara bienestar en los ahorros mencionados anteriormente, por lo que basado en este análisis se recomienda realizar el proyecto con todos sus componentes y con el monto de inversión planeado.



## 4.2. Construcción del Indicador de impacto ambiental del Proyecto

### 4.2.1. Indicador Ambiental Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”

Para la construcción del indicador Ambiental más relevante del **AGUA**, se seguirá el proceso descrito en el Paso 5 de la Metodología:

#### *Parámetro 1 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo trazo”*

Del ACB, en el apartado “Localización Geográfica” se tiene que el municipio de Ixmiquilpan se encuentra ubicado en el estado de Hidalgo, en una zona conocida como “Valle del Mezquital” y, de acuerdo con los datos preliminares del XIII Censo de Población y Vivienda realizado en 2010, tiene una población de 86,363 habitantes.

Con esta información se determinará la precipitación media anual de la zona, con el programa del SINA<sup>5</sup>, exportando el mapa a Google Earth:

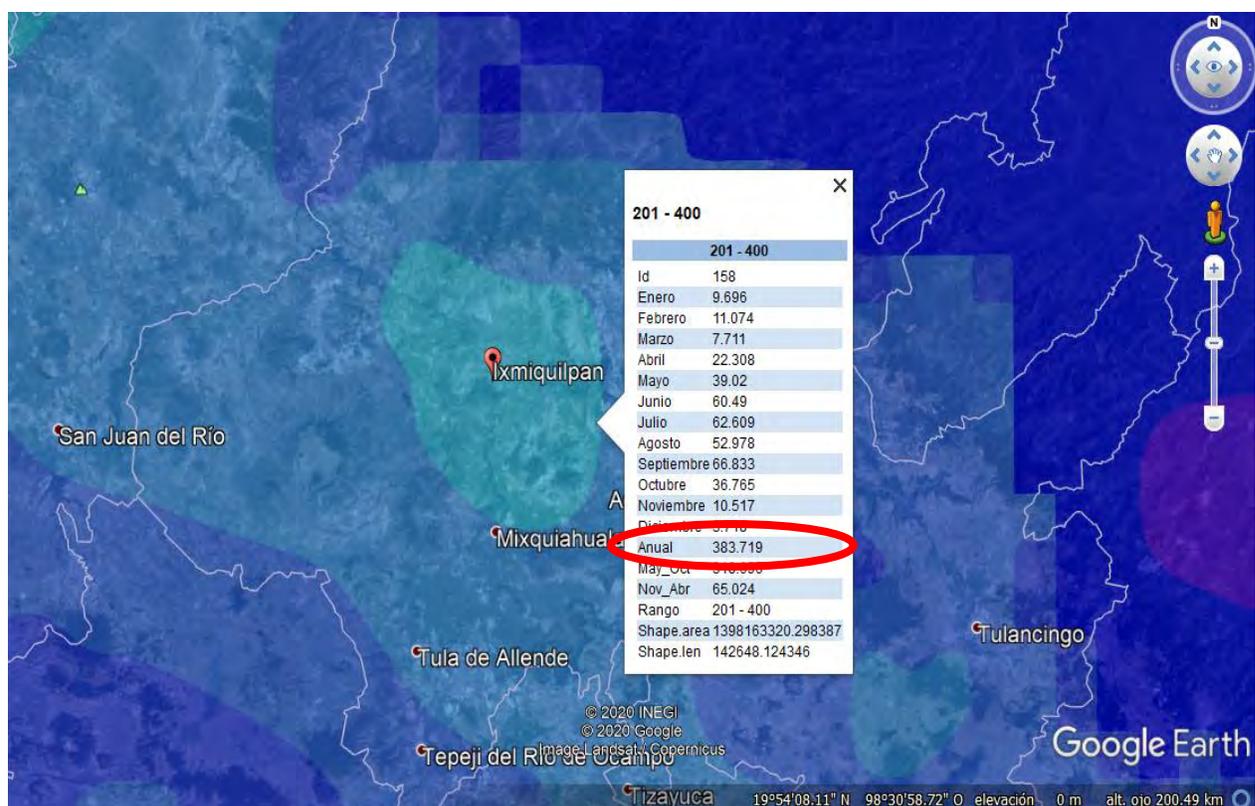


Imagen 3. Precipitación anual zona del Proyecto Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.

Fuente: Google Earth.

Con esto se tiene que la precipitación media anual de la zona es de **383.719 mm**, por lo que la escala de este elemento es:

Rango Precipitación Media Anual	Escala
0 – 750 mm	Precipitación Baja

Tabla 51. Escala Precipitación Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>5</sup> <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=precipitacion&ver=mapa&o=3&n=nacional>, (CONAGUA, 2020).



El tipo de terreno del Proyecto se tomó del apartado “Análisis de la Oferta - Situación con Proyecto”:

Concepto	Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”		
	A. 100+000 -115+000	B. 115+000-123+000	C. 123+000- 131+670
Tipo de terreno	Lomerío	Montañoso	Lomerío
Longitud (km)	15.0	8.0	8.67

**Tabla 52. Datos de la Oferta Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

De la tabla 52 se puede inferir que, en promedio, el tipo de terreno es “Lomerío”, ya que de los 31.67 km totales, 23.67 km tienen esta característica:

Pendiente gobernadora promedio del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”	Tipo de Terreno
3%	Lomerío

**Tabla 53. Tipo de Terreno Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Teniendo la información de precipitación y tipo de terreno, de la tabla 9. Valores Parámetro 1; se identifica que el valor del parámetro 1 para el estudio de caso Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” es:

Parámetro 1	Precipitación Baja
Terreno Lomerío	<b>0.2</b>

**Tabla 54. Valores Parámetro 1 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Con el dato anterior, se puede establecer que la escala del parámetro 1 para el Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” es:

Rango parámetro 1	Escala
P1=0.2	Bajo Impacto

**Tabla 55. Escala Parámetro 1 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### *Parámetro 2 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo trazo”*

Para el parámetro 2, se tomó la información contenida en las tablas 30 y 31 del Apartado “Descripción general del Proyecto” del ACB, en donde se muestran los puentes como únicas obras de drenaje:

LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN “Puentes”		
No.	CADENAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA
1	102+650	PUENTE SIN NOMBRE
2	106+830	PUENTE BARRANCA XIOTHO
3	109+780	PUENTE BARRANCA XUCHITAN
4	115+820	PUENTE CANAL
5	118+760	PUENTE CANAL
6	122+200	PUENTE RÍO TULA
7	125+980	PUENTE SAN ANTONIO
8	128+560	PUENTE SIN NOMBRE

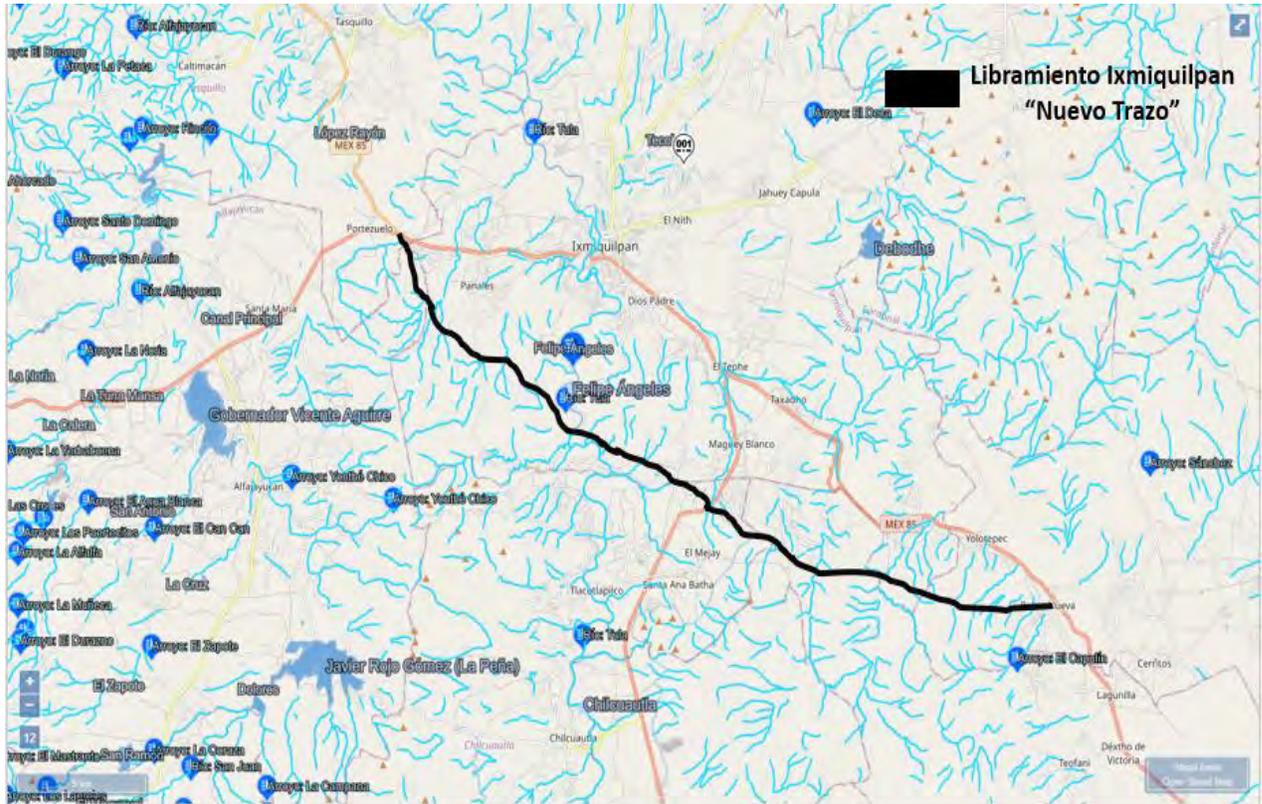
**Tabla 56. Puentes Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



Para identificar los cuerpos de agua que atravesará el Proyecto, se utiliza la plataforma interactiva del INEGI<sup>6</sup> (imagen 4), del cual se puede observar que el trazo del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” cruza alrededor de 18 cuerpos de agua. Con esta información se obtendrá el valor del parámetro 2, de la siguiente manera:

$$\text{Parámetro 2} = \frac{18 \text{ cuerpos de agua}}{8 \text{ Puentes}} = 2.25$$



**Imagen 4. Hidrografía Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**  
Fuente: INEGI 2020.

Cabe mencionar, que es posible que en el Proyecto Ejecutivo definitivo se incluyeran más obras de drenaje, sin embargo, en esta etapa de la conceptualización del Proyecto no se tienen contempladas. Lo anterior, sirve también como un indicador técnico para verificar que las obras de drenaje cumplen con la cobertura mínima de los cuerpos de agua transversales.

Con el dato anterior se tiene que:

Rango parámetro 2	Escala
P2=2.25	Alto Impacto

**Tabla 57. Escala Parámetro 2 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**  
Fuente: Elaboración Propia.

<sup>6</sup> <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrografia/default.html#Mapa>, consultado el 08 de agosto de 2020.



*Parámetro 3 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”*

Para el parámetro 3, se usó la información contenida en la tabla 31 del Apartado “Descripción general del Proyecto”, en donde se muestran las obras subterráneas que tendrá el Proyecto.

LIBRAMIENTO IXMIQUILPAN “PSV’s y PSPyP”		
No.	CADENAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA
1	100+740	PSV
2	100+795	PSV
3	100+925	PSV
4	101+285	PSV
5	101+500	PSV
6	101+870	PSV
7	102+020	PSV
8	103+510	PSV
9	106+420	PSV
10	106+650	PSV
11	107+060	PSV
12	109+440	PSV
13	109+634	PSV
14	110+280	PSV
15	110+930	PSV
16	111+270	PSV
17	111+445	PSV
18	112+444	PSV
19	114+320	PSV
20	118+000	PSV
21	123+680	PSPyG

**Tabla 58. Obras Subterráneas Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Adicionalmente, del apartado del ACB “Descripción general del Proyecto”, se obtuvo que el Proyecto tiene una longitud de **31.67 km**.

Con esta información, se deduce que el Proyecto tendrá 20 PSV’s y 1 PSPyG, no contará con túneles ni viaductos:

$$\text{Parámetro 3} = (0.2 * 20) + (0.1 * 1) = 4.1$$

$$\text{Parámetro 3} = \frac{((1.0 * 20) + (0.5 * 1))}{31.67 \text{ km}} = 0.647$$

Con este dato, se tiene que la escala del parámetro 3 para el Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” es:

Rango parámetro 3	Escala
P3=0.647	Bajo/Intermedio Impacto

**Tabla 59. Escala Parámetro 3 Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



*Indicador Ambiental más relevante del **AGUA** Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo trazo”*

Teniendo los resultados de cada uno de los parámetros mencionados anteriormente se puede establecer que el indicador ambiental más relevante del **AGUA**, para el Proyecto Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”, es:

$$\text{Indicador Ambiental}_{\text{Mod.flujo agua}} = 0.2 + 2.25 + 0.647 = 3.097$$

De acuerdo con el resultado anterior se puede inferir que el estándar del indicador es:

Estándar del Indicador	Escala
Indicador=3.097	Alto Impacto

**Tabla 60. Estándar del indicador.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Este hecho se ve contrastado por las pocas obras de drenaje propuestas en el ACB, comparado con los cuerpos de agua transversales por los que cruza el Proyecto.

La aplicabilidad de este indicador demuestra que si bien, la Evaluación de Impacto Ambiental considera no solo los impactos si no la mitigación de los mismos, es necesario que el Evaluador Socioeconómico pueda tener más herramientas de decisión u orientación a las mejoras del mismo Proyecto, sin tener una experiencia específica en temas ambientales o de otra índole diferentes a los socioeconómicos.

#### **4.3. Resultados Indicadores de Rentabilidad Evaluación tradicional e Indicador Ambiental**

Del ACB se tienen los siguientes indicadores de rentabilidad:

Indicadores de Rentabilidad Socioeconómica	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 1,139,935,003 pesos
Tasa interna de retorno (TIR)	13.98%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	10.95%

**Tabla 61. Indicadores de rentabilidad Socioeconómica.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Con estos valores, se comprueba que el Proyecto es rentable para la sociedad, dado que generará beneficios en el horizonte de Evaluación mayores a sus costos. Ello, a través de los ahorros que se tiene en los Costos Generalizados de Viaje, que corresponden a los Costos de Tiempo de las personas y de los Costos de Operación Vehicular.

Si bien, con estos indicadores se comprueba que el Proyecto es viable económicamente, por otro lado, el indicador ambiental del aspecto más relevante dentro del **AGUA** demuestra que el Proyecto Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” presenta un impacto ambiental al **AGUA** alto.

Indicador de impacto Ambiental al <b>AGUA</b> .		
Indicador	Valor	Impacto
Modificación flujo de agua y Efecto Barrera	3.09	Alto

**Tabla 62. Indicador Impacto Ambiental al **AGUA**.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Aunque la Evaluación Ambiental se gestionó y se concluyó después de la Evaluación ACB, en donde se pudieron proponer las medidas de mitigación adecuadas para que este aspecto no tuviera un mayor impacto, se demuestra que es necesario que el ACB cuente con herramientas más decisivas en el proceso de Planeación. Este último se enfoca únicamente en demostrar la viabilidad del Proyecto a



través de indicadores de rentabilidad, y si bien incluye las externalidades y los aspectos legales y ambientales desde un punto de vista conceptual, esta debería realizarse desde un enfoque más integral, sin necesidad de invertir mucho dinero ni tiempo; puesto que las conclusiones de la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica son las que permiten a la SHCP tomar decisiones para la asignación de Recursos Fiscales para la construcción y desarrollo de cualquier Proyecto Económico.

Lo anterior no descarta contar con las Evaluaciones especializadas en cada rubro para tomar decisiones acertadas, no obstante, dada la importancia del ACB, sería conveniente poder identificar indicadores del tipo ambiental y legal sin necesidad de que el evaluador socioeconómico sea experto en estos temas. Ello, con el objetivo de poder tomar decisiones más racionales y anticipadas sobre la asignación de recursos para la construcción y puesta en marcha de un Proyecto.

En general, este trabajo pretende que las Evaluaciones de Rentabilidad Socioeconómica no se limiten al cálculo de indicadores de rentabilidad como la TIR, VPN y TRI, sino que también se incluyan indicadores ambientales y legales; siendo este solo un ejemplo de los diversos indicadores que se podrían construir, ponderar y evaluar a través de una matriz multicriterio, como se muestra a continuación:

Indicadores de Rentabilidad			Indicadores Ambientales				Indicadores Legales		
VPN	TIR	TRI	AGUA	SUELO	AIRE	FAUNA	1	2	3
\$1,139 mdp.	13.98 %	10.95 %	3.09	...	...	...	...	...	...

**Tabla 63. Evaluación multicriterio propuesta.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1. El ciclo de vida de un Proyecto Carretero visto como un Sistema, permitió establecer las actividades, los medios afectados y las etapas de este, definiendo las relaciones entre cada uno de los elementos del entorno interno de la obra, además de considerar las relaciones externas, pero más representativas del entorno interno con los entornos transaccional y contextual.
- 5.2. De acuerdo con el Análisis Sistémico de las relaciones entre los impactos, los medios impactados y las actividades de una Obra Carretera y la Encuesta a Expertos en Proyectos Económicos, se pudo concluir que el **AGUA** es el medio más afectado por el desarrollo de un Proyecto Carretero, dada la reorientación de los cauces, la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la posible contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

En el mismo sentido, del Análisis Sistémico se pudo establecer que el **AGUA** cuenta con 25 impactos, de los cuales algunos no son mitigables. Adicional a esto, con un 57% de votación, la primera encuesta a expertos determinó que el **AGUA** es el medio más impactado por el desarrollo de una Carretera durante la construcción.

- 5.3. La formulación de la Encuesta a Expertos tipo Delphi a partir de la Representación Jerárquica del Problema del Método AHP, permitió establecer el objetivo de la Encuesta, la cual pretendía establecer el aspecto más relevante dentro del impacto ambiental del **AGUA** producido por el desarrollo de una Carretera. Esta Encuesta se realizó a través de criterios como la mitigación, la identificación, el costo y la recurrencia, así como los aspectos de la modificación en el flujo de agua superficial y subterránea, la extracción desmedida del agua,



la impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos, y los cambios en la calidad del agua.

- 5.4. De las dos rondas de la Encuesta a Expertos tipo Delphi que se realizó a especialistas en impactos ambientales, se puede concluir que el aspecto más relevante dentro del **AGUA**, en relación con los impactos ambientales que se pueden producir por el desarrollo de un Proyecto Carretero, es la “Modificación en el flujo de agua superficial y subterránea y efecto barrera”, con una votación del 62.5 %. Lo anterior, debido a que su incidencia se dará en todo el ciclo de vida del Proyecto, además de que este aspecto no afecta solamente los sitios donde se desarrolla el mismo, sino también su área de influencia. En caso de no efectuar medidas de mitigación adecuadas, se podrán tener consecuencias que llevarían a tener pérdidas económicas, sociales y humanas.
- 5.5. De acuerdo con los expertos y la literatura, se tienen elementos identificables en el ACB, los cuales permiten construir el indicador ambiental relacionado con la “Modificación en el flujo de agua superficial y subterránea y efecto barrera”, tales como:
- **Parámetro 1.** La relación entre la precipitación y el tipo de terreno de la zona donde se realice el Proyecto.
  - **Parámetro 2.** La relación entre los cuerpos de agua que atravesará el Proyecto y el número de obras de drenaje transversales del mismo.
  - **Parámetro 3.** La relación entre el número de obras subterráneas y la longitud del Proyecto.

Con base en lo anterior, el Indicador Ambiental<sub>Mod.Flujo agua</sub> para el caso del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo” equivale a:

$$\text{Indicador Ambiental}_{\text{Mod.Flujo agua}} = P1 + P2 + P3 = 0.2 + 2.25 + 0.647 = 3.097$$

- 5.6. La construcción de un indicador ambiental para el estudio de caso de la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica del Libramiento Ixmiquilpan “Nuevo Trazo”, permitió identificar que el impacto es **Alto** con respecto a la modificación en el flujo de agua superficial y subterránea y efecto barrera. Este hecho se debe a que las obras de drenaje transversales no son suficientes para los cuerpos de agua que atraviesa el Proyecto, sin embargo, dicha Evaluación se realizó a nivel Anteproyecto, por lo que el Proyecto Ejecutivo definitivo pudo mitigar dicho impacto.
- 5.7. Del análisis realizado se pudo establecer que, si bien los indicadores de rentabilidad del ACB tradicional muestran que el Proyecto supera los beneficios en el horizonte de Evaluación a los costos, es necesario contar con herramientas de fácil entendimiento para evaluadores sin experiencia en temas ambientales y/o legales, para una toma de decisiones racional y anticipada, sin mucho tiempo ni dinero invertido. Igualmente, se recomienda el uso de una matriz multicriterio en la que se incluya la construcción de diferentes indicadores ambientales y legales, además de los de rentabilidad (VPN, TIR y TRI) que se tienen actualmente. De esta manera, podrá tenerse un panorama más general de las consecuencias positivas y/o negativas que tendrá el Proyecto, en su factor físico, social y económico.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ackoff, R. L. (1971). Towards a System of Systems Concepts. *Management Science*, University of Pennsylvania.
- [2] BID. (2006). *Política de Medio Ambiente y cumplimiento de salvaguardias*. Washington D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- [3] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018, junio 15). *Ley de Asociaciones Publico Privadas*. Retrieved from Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de enero de 2012, Última reforma publicada DOF 15 de agosto de 2018: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAPP\\_150618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAPP_150618.pdf)
- [4] Cohen, E., & Franco, R. (1992). *Evaluación de Proyectos Sociales*. México D.F: Editorial Siglo XXI.
- [5] CONAGUA. (2018). *Estadísticas del Agua en México 2018*. Ciudad de México: SEMARNAT.
- [6] CONAGUA. (2020, Agosto 08). *Sistema Nacional de Información del Agua*. Retrieved from Sistema Nacional de Información del Agua: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=precipitacion&ver=mapa&o=3&n=naciona>
- [7] Dixon, J. A. (2012). *Economic Cost - Benefit Analysis (CBA) of Project Environmental Impacts and Mitigation Measures*. Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- [8] Feinstein, O. N. (2015). Sobre el Desarrollo de los Sistemas de Evaluación en América Latina y el Caribe. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, 18.
- [9] Florio, M., Finzi, U., Genco, M., Levarlet, F., Maffii, S., Tracogna, A., & Vigentti, S. (2003). *Guía del Análisis Costes-Beneficios de los Proyectos de Inversión*. España: Comisión Europea.
- [10] García Hoyos, J. (2008). Evaluación Económica, Financiera y Social ¿Cuáles son sus diferencias? *Equilibrio Económico*, 6.
- [11] IMT. (2020, Agosto 08). *Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano en México, 2019*. Retrieved from Publicaciones IMT: <https://www.imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=514&IdBoletin=186>
- [12] IMT; SCT. (2000). *Impacto Ambiental de Proyectos Carretero en escurrimiento del Agua Superficial*. Querétaro: IMT.
- [13] INEGI. (2020, Agosto 08). *Hidrografía de México*. Retrieved from Hidrografía de México: <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrografia/default.html#Mapa>
- [14] Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (1997). *Análisis y Diseño de Sistemas*. Estado de México: Pearson Educación.
- [15] Nirenberg, O., Brawerman, J., & Ruiz, V. (2000). *Evaluar para la Transformación - Innovaciones en la Evaluación de Programas y Proyectos Sociales*. Buenos Aires : Editorial Paidós SAICF.
- [16] Ortegón, E., Pacheco, J., & Prieto, A. (2015). *Metodología del Marco Lógico para la Planificación, el Seguimiento y la Evaluación de Proyectos y Programas*. Santiago de Chile: CEPAL, Naciones Unidas.



- [17] Perevochtchikova, M. (2013). La Evaluación del Impacto Ambiental y la importancia de los Indicadores Ambientales. *Gestión y Política Pública, COLMEX*, 32.
- [18] Quispe Limaylla, A. (2004). *Evaluación Socioeconómica de Programas de Desarrollo*. México D.F: Editorial Plaza y Valdés.
- [19] Sánchez Guerrero, G. D. (2016). *Técnicas Heurísticas Participativas para la Planeación*. Ciudad de México: Plaza y Valdes Editores.
- [20] Sánchez Lara, B. (2018). *Notas del curso de Metodología de la Planeación*. Ciudad de México: UNAM.
- [21] SCT. (2017). *Análisis Costo Beneficio. Libramiento de Ixmiquilpan "Nuevo Trazo"*. Ciudad de México : SCT.
- [22] SCT; IMT. (1999). *Catálogo de Impactos Ambientales Generados por las Carreteras y sus Medidas de Mitigación*. Querétaro.
- [23] SEMARNAT. (2002, marzo 29). *Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental del Sector Vías Generales de Comunicación*. Ciudad de México : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Retrieved from Gobierno de México: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120999/Gu\\_a\\_MIA\\_Particular\\_Comunicaciones.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120999/Gu_a_MIA_Particular_Comunicaciones.pdf)
- [24] SHCP. (2012). *Manual que establece las disposiciones para determinar la Rentabilidad social, así como la conveniencia de llevar a cabo un Proyecto mediante el esquema de Asociación Público – Privada*. Ciudad de México: Gobierno Federal.
- [25] SHCP. (2015, octubre 27). *Lineamientos para la elaboración y presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos*. Retrieved from DOF: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos\\_costo\\_beneficio.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf)
- [26] SHCP. (2018, 09 25). *Lineamientos relativos a los dictámenes de los programas y proyectos de inversión a cargo de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal*. Retrieved from DOF: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5542866&fecha=02/11/2018&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5542866&fecha=02/11/2018&print=true)



## 7. APÉNDICES

### 7.1. Apéndice A. Impactos Ambientales en Proyectos Carreteros

#### 1. ETAPA DE PRE – CONSTRUCCIÓN

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Proyecto	Deslaves, hundimientos, deslizamientos y demás movimientos masivos en los cortes	Trazar la ruta de tal manera que se eviten las áreas inherentemente inestables Incluir la estabilidad de cortes con estructuras como paredes de concreto, albañilería seca, gaviones, etc.	Adverso
Afectaciones	Afectación a la actividad agropecuaria	No mitigable	Adverso
	Afectación a propietarios de terrenos	Compensación económica Reubicación de propietarios	Adverso, puede llegar a ser benéfico
	Inducción de migraciones y cambios en la densidad de población	No mitigable	Adverso
	Afectación sobre el uso de suelo habitacional	Compensación económica Reubicación de propietarios Modificación del trazo	Adverso, puede llegar a ser benéfico



## 2. ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmante y despirme	Afectación de las corrientes de agua por mala disposición del material removido	Disposición del material lejano a las corrientes de agua	Adverso
	Contaminación de la corriente de agua superficial	Disposición del material lejano a las corrientes de agua Colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos	Adverso
	Obstrucción de ríos y arroyos	Disposición del material lejano a las corrientes de agua	Adverso
	Contaminación del suelo	Evitar el uso de herbicidas o agroquímicos	Adverso



**ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO (Continuación)**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmante y despirme	Erosión	Inducir vegetación en las áreas aledañas a los desmontes y despirmes para detener la erosión Reutilización de la capa orgánica sobre el derecho de vía, una vez terminada la construcción de la carretera Programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica	Adverso
	Modificación de la topografía	No mitigable	Adverso
	Contaminación del aire por humos	Evitar la quema de la vegetación Acatamiento a la norma oficial mexicana NOM- CCAT-007-ECOL-1993 <sup>1</sup> para unidades que utilizan diesel como combustible	Adverso
	Cambios en el microclima	Los efectos pueden minimizarse estableciendo vegetación, al concluir las obras, en camellones y a ambos lados de los cuerpos	Adverso
	Ruido	No mitigable	Adverso
	Remoción de la capa de suelo fértil	Realizar un programa de rescate de flora, previo al desmante, especialmente la que sea de utilidad en la región Reutilización del material para posteriores actividades como arroyo de taludes, reforestación, etc.	Deberá prestarse especial cuidado en el manejo del material seco, ya que su acumulación puede contribuir a los incendios forestales
	Afectación del hábitat de fauna silvestre	No mitigable	Adverso



### ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmante y despalde	Perturbación y desplazamiento de la fauna silvestre	Evitar los trabajos en época de reproducción, sobre todo en casos de especies en peligro de extinción o de alto valor para la región Evitar la caza furtiva Realizar el desmante de manera paulatina para permitir el desplazamiento de la fauna	Adverso
	Modificación del paisaje	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
	Incremento en el consumo de bienes y servicios locales		Benéfico, aunque puede ser adverso si hay escasez
Caminos de acceso	Remoción de la capa vegetal	Recolección y conservación de la capa vegetal, que será utilizado en la revegetación de estos caminos, previa escarificación	Adverso



### 3. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Campamentos y oficinas de campo	Contaminación de las corrientes superficiales de agua	Instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos En caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal Vigilar que no existan vertimientos de aguas residuales, desechos de obra, ni fecalismo en ríos, arroyos o canales de riego El agua de lavado de los trabajadores se debe captar en tambos o bien en el sistema de drenaje municipal	Adverso
	Extracción de agua	Proporcionar agua potable a los trabajadores, evitando la toma indiscriminada de diferentes fuentes de abastecimiento superficial o subterráneo	Adverso



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Campamentos y oficinas de campo	Contaminación del suelo	Se colocarán botes para el almacenamiento de los residuos sólidos, vigilando su transportación periódica al basurero municipal Al término de la obra se deberá limpiar el terreno y adicionar una capa de tierra vegetal producto del desmonte y despalme	Adverso
	Contaminación del aire	Evitar las fogatas	Adverso Esta práctica implica un riesgo
	Contaminación del aire provocado por los motores de las plantas generadoras de luz	Que los motores a Diesel o gasolina cumplan con las normas correspondientes.	Adverso
Excavación y nivelación	Drenaje superficial	Colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos	Adverso
	Incremento en la erosión de los suelos	Programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica	Adverso
	Afectación de suelo e hidrología	Definir los lugares donde será depositado el material no empleado, cuidando la no-afectación de corrientes de agua superficiales y zonas de alta productividad agrícola Reutilización del material no empleado para posteriores actividades	Adverso
	Contaminación del aire	Humedecer la superficie a excavar para evitar partículas suspendidas	Adverso



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Excavación y nivelación	Riesgo de accidentes	Colocación de extinguidores en sitios visibles y de fácil acceso Contar con un botiquín de emergencias y tener identificado el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Obras de drenaje y subdrenaje	Incorporación de estructuras y elementos ajenos al terreno natural	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
	Socavación	Emplear materiales no susceptibles a la erosión en la parte baja de los puentes Colocar cimentaciones de roca Usar disipadores de energía (zampeado o muros) a la salida de la tubería	Adverso
	Afectación a la fauna	Consultar y atender las recomendaciones de especialistas sobre hábitat de peces y su importancia	Adverso



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Obras de drenaje y subdrenaje	Contaminación de aguas superficiales	Evitar que los residuos en la construcción de estas obras caigan en cuerpos de aguas superficiales, colocando rejillas en la entrada de alcantarillas para retener la basura No disponer las aguas residuales en cuerpos de agua o directamente al suelo a menos que cumpla con los límites máximos permisibles en la norma NOM-001-ECOL-1996 <sup>3</sup> Evitar la erosión colocando estructuras de contención tales como contrafuertes, muros de retención, gaviones y contrapesos de rocas, así como colocar a la salida de la alcantarilla zampeados o lavaderos	Adverso
Cortes y Terraplenes	Modificación de la calidad del agua	Colocar mallas para la protección de cuerpos de agua No depositar a cielo abierto todo el material de desecho evitando el azolve de las corrientes superficiales Monitorear la calidad del agua (sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, metales pesados, grasas y aceites) Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos en ellas Evitar que la descarga sea directamente a las corrientes naturales, utilizar balsas de decantación, zanjas de infiltración o humedales artificiales	Adverso Incremento de la turbidez y disminución de la calidad de oxígeno disuelto



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y terraplenes	Reducción de agua superficial o subterránea	Deberán localizarse previamente las fuentes de suministro de agua para la formación de terraplenes, además de obtener los permisos correspondientes de la Comisión Nacional del Agua	Adverso
	Modificación de las tasas de infiltración de mantos de agua subterránea	No mitigable	Adverso Pudiera resultar en un impacto positivo
	Modificación de las corrientes y caudales por la modificación del drenaje natural	Suavizar pendientes de cortes y terraplenes	Adverso
	Modificación de la calidad del suelo, por contaminación con residuos sólidos, material de construcción y residuos peligrosos	Evitar la disposición sobre el suelo de los residuos sólidos orgánicos producto de la ingesta y desechos de los trabajadores, colocando tambos para depósito de la basura Recolectar los materiales de construcción Recolectar los materiales con aceite en recipientes de acuerdo con el reglamento de residuos peligrosos	Adverso



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y terraplenes	Inestabilidad de taludes	<p>Realizar estudio específico en cada caso para definir la solución adecuada, entre las que se pueden considerar: Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes, y cubrir posteriormente con suelo fértil procurando aprovechar el que se removió durante el despalme</p> <p>En cortes con problemas de estabilidad, donde no haya suelo capaz de sostener vegetación, proteger con malla y concreto lanzado para contener el material fragmentado</p> <p>En cortes con alturas superiores a 10 metros utilizar bermas para aumentar la estabilidad del talud</p> <p>Para taludes rocosos inestables se podrá colocar malla metálica galvanizada, anclada y colocar hidrosiembra; aumentar el ancho de los acotamientos para recepción de los desprendimientos o bien colocar muros de contención</p> <p>Colocar redes metálicas, drenes y cunetas en la cabeza del talud</p> <p>Usar filtros (agregados porosos o geotextiles) para controlar los deslizamientos</p>	Adverso



**ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y terraplenes	Erosión eólica e hídrica por degradación y desaparición de la cubierta vegetal	<p>Promover un programa de rescate de vegetación que incluya el retiro de especies, su preservación durante el traslado, la resiembra y la supervisión y mantenimiento de las acciones</p> <p>Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes, y cubrir posteriormente con suelo fértil procurando aprovechar el que se removió durante el despalme</p> <p>Cortar el flujo de escorrentía antes de que el agua adquiera suficiente velocidad para iniciar el proceso erosivo, se deberán construir terrazas o bermas</p> <p>Impermeabilizar la parte alta de los taludes</p> <p>Revestir de roca el talud, colocando una capa filtrante (geotextil o mezcla de grava y arena) debajo del enrocado</p>	Adverso
	Generación de empleos		Adverso
Explotación de bancos de material	Eliminación de la cubierta vegetal	En la etapa de abandono se deberá restituir el suelo	Adverso
	Disminución del recurso suelo	No mitigable	Adverso
	Modificación de los drenajes naturales	No mitigable	Adverso
	Disminución de la productividad agrícola en la zona de influencia por la deposición de polvo	<p>Utilizar vehículos cubiertos y manejar los materiales húmedos</p> <p>Establecer procedimientos adecuados en el manejo de los materiales para evitar emisiones fugitivas de polvo</p>	Adverso



**ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>IMPACTO</b>	<b>MEDIDA DE MITIGACIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Explotación de bancos de material	Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos	Durante la selección del banco tomar en cuenta la información geohidrológica del lugar Seleccionar bancos de materiales en lugares donde el nivel freático sea muy profundo	Adverso
	Generación de ruido durante la utilización de maquinaria y explosivos	No mitigable	Adverso
	Desplazamiento de la fauna por pérdida de fuente alimenticia	Restituir la vegetación como medida compensatoria en la etapa de abandono para crear nuevamente un hábitat	Adverso
	Afectación al paisaje	El impacto visual negativo podrá ser mejorado con ayuda de las labores de restitución de suelo y vegetación Aprovechar el material excedente de la excavación para verterlo en los huecos generados por la extracción de materiales en el banco	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Acarreos de material	Contaminación por ruido	Los vehículos deberán cumplir con las normas NOM-ECOL-080-1994 <sup>4</sup> y NOM-ECOL-081-1994 <sup>5</sup>	Adverso
	Generación de polvos	Transportar el material cubierto y manejar materiales húmedos	Adverso
	Contaminación atmosférica	Se deberá cumplir con las normas NOM-CCAT-006- ECOL-1993 <sup>6</sup> NOM-CCAT-008-ECOL-1993 <sup>7</sup> y NOM-014-ECOL-1993 <sup>8</sup>	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Operación de maquinaria y equipo	Contaminación por ruido	Los vehículos deberán cumplir con la NOM-ECOL- 080-1994 <sup>4</sup> y NOM-ECOL-081-1994 <sup>5</sup> En caso de cruzar poblaciones, evitar el trabajo de maquinaria nocturno	Adverso
	Generación de polvos	Humedecer los materiales utilizados en la construcción de terraplenes, terracerías, bases y sub-bases	Adverso
	Contaminación del agua superficial	Las isletas, bancadas o construcciones que se hagan bajo el NAME para soporte o movilización de la maquinaria, deberán ser removidos al terminarse la cimentación, además de utilizar roca de tamaño tal que no pueda ser arrastrada por el agua en sus niveles y velocidades propios de avenidas ordinarias En el caso de que sea inevitable el paso de maquinaria sobre corrientes superficiales, se deberá indicar un solo sitio de cruce evitando que los camiones pasen constantemente por varias áreas Se deberá prohibir terminantemente a los trabajadores lavar maquinaria sobre el lecho de las corrientes superficiales	Adverso
	Contaminación atmosférica	Se deberá cumplir con la norma NOM-CCAT-008- ECOL-1993 <sup>7</sup> Proporcionar mantenimiento al equipo (afinaciones)	Adverso



**ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Operación de maquinaria y equipo	Contaminación del suelo y subsuelo por derrame de combustible	<p>Vigilar periódicamente que el sistema de combustible no tenga fugas</p> <p>En caso de requerirse almacenamiento temporal de combustible (recarga a maquinaria durante la jornada de trabajo), este deberá estar en tambos de 200 litros, alejado de corrientes superficiales y con el señalamiento adecuado a fin de evitar manejos imprudenciales</p>	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio	Calidad del agua	<p>No colocar las instalaciones temporales dentro del área de drenaje natural</p> <p>Colocar los materiales de desecho lejos de las corrientes superficiales y cubrirlos</p> <p>Instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos. En caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal</p> <p>El agua de lavado de los trabajadores se debe captar en tambos o bien en el sistema de drenaje municipal</p>	Adverso
	Generación de polvos	<p>Las bandas transportadoras y las tolvas deberán cubrirse con lonas</p> <p>Para el transporte de materiales se deberán cubrir los camiones con lonas y de ser posible transportar los materiales húmedos</p> <p>Colocación de telas plásticas anti polvos alrededor de la planta en las cercas que delimitan el área</p>	<p>Adverso</p> <p>Antes de ubicar la planta de asfalto, estudiar el régimen de vientos</p>



**ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio	Contaminación del suelo	<p>En talleres y patios de servicio colocar una plantilla de concreto para evitar que los derrames accidentales de combustibles y aceites se infiltren Colocar los combustibles y lubricantes sobre tarimas</p> <p>Establecer depósitos para el acopio de los residuos sólidos</p> <p>Se dismantelarán las instalaciones temporales, evitando así que estos sitios se conviertan en asentamientos irregulares permanentes</p> <p>Los residuos peligrosos deberán manejarse y almacenarse de acuerdo a lo estipulado en el reglamento correspondiente</p> <p>Evitar el uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmonte y limpieza del sitio</p>	Adverso
	Contaminación por ruido	No mitigable	Adverso
	Pérdida de la capa vegetal	Recoger la capa fértil del suelo y acamellonarla en un sitio cercano para utilizarla en la recuperación una vez concluida la obra	Adverso
	Deterioro del paisaje	Realizar un programa de restauración al término del dismantelamiento de las instalaciones	Adverso



**ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio	Riesgos de accidentes	<p>En caso de requerir explosivos, su almacenamiento deberá ubicarse lejos de estas instalaciones Colocación de extinguidores en sitios visibles y de fácil acceso</p> <p>Contar con un botiquín de emergencias y tener identificado el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura</p> <p>Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo</p>	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Pavimentación	Afectación al microclima	No mitigable	Adverso
	Pérdida de la utilización del suelo	No mitigable	Adverso
	Contaminación de la calidad de agua	<p>Situar la subrasante por lo menos a 1.5 metros por encima de la capa freática</p> <p>Colocar parapetos para retener los sedimentos durante la construcción</p> <p>Utilizar balsas de decantación</p>	Adverso
	Cambios en los patrones de escurrimientos de aguas superficiales	Contar con un buen proyecto de drenaje y subdrenaje	Adverso
	Afectación al suelo	La disposición de los sobrantes de la mezcla asfáltica deberá recogerse y, en camiones de volteo, retornarse a la planta de asfalto para su reciclado o disposición definitiva	Adverso
	Reducción de la infiltración	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico



### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Puentes y pasos vehiculares	Modificación de cauces	Contar con un buen proyecto hidrológico Evitar el desvío de las corrientes superficiales (si es posible construir vados)	Adverso
	Interrupción temporal de corrientes	Procurar que estas obras se realicen en épocas de estiaje	Adverso
	Calidad del agua	Evitar arrojar desechos en las corrientes superficiales producto de la construcción	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Obras complementarias	Modificación del drenaje natural	Colocar las obras complementarias de drenaje (cunetas, lavaderos, bordillos, etc.) en lugares adecuados	Adverso
	Incremento a la erosión	Reforestar las zonas donde se haya modificado el drenaje superficial a fin de reducir la erosión	Adverso
	Desplazamiento de fauna	Hacer un estudio de la movilidad de la fauna silvestre, así como zonas de pastoreo para colocar pasos inferiores que permitan un adecuado desplazamiento	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Manejo y disposición de residuos de obra	Contaminación del suelo y subsuelo	Establecer bancos de tiro que no interfieran con las corrientes superficiales de agua, con las zonas de recarga de acuíferos y en zonas de baja productividad agropecuaria	Adverso
	Deterioro del paisaje	Contar con un programa de restauración en bancos de tiro a fin de buscar la reutilización del suelo	Adverso
Señalamiento	Deterioro del paisaje	Evitar señalamientos adicionales en el derecho de vía	Adverso
	Reducción de la visibilidad	Plantar arbustos para destacar las curvas Plantar arbustos en isletas y desviaciones para resaltar las entradas y salidas	Adverso



#### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Señalamiento	Generación de empleos		Benéfico
Servicios adicionales al usuario	Generación de empleos		Benéfico Creación de paradores, este tipo de instalaciones deberán procurar adaptarse al paisaje de la zona
	Invasión del derecho de vía	Controlar los asentamientos y cambios en el uso de suelo dentro del derecho de vía	Adverso

#### 4. ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Tránsito vehicular	Contaminación del aire	Establecer un programa de reforestación a fin de compensar la contaminación por emisiones de humo	Adverso
	Contaminación de ruido	Colocar barreras vegetales (vía reforestación) En casos específicos deberá analizarse la necesidad de construir barreras con materiales absorbentes de ruido, pudiendo utilizarse el excedente de la excavación para formar barreras en zonas urbanas Reducir límites de velocidad de operación en zonas urbanas Desviar el tránsito pesado en horario nocturno en zonas urbanas	Adverso



### ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Tránsito vehicular	Contaminación del suelo y agua	Establecer un programa permanente de recolección de desechos sólidos dentro del derecho de vía, así como las instalaciones de depósitos de basura a lo largo de la carretera Realizar campañas de vigilancia para evitar la formación de basureros en el derecho de vía	Adverso En caso de ser elevada la cantidad de basura recolectada, deberá hacerse un análisis de factibilidad sobre la creación de un relleno sanitario
	Riesgo de accidentes	Establecer un programa de seguridad que incluya procedimientos para casos de emergencia, señalización e iluminación en lugares conflictivos, sistemas de comunicación, etc.	Adverso
	Crecimiento urbano irregular por la orilla del camino	Incluir a los organismos de planificación del uso de suelo en todos los niveles, en el diseño y Evaluación ambiental de proyectos, y planear un desarrollo controlado	
	Incremento en la demanda de bienes y servicios		Benéfico



### ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Mantenimiento Conservación	Contaminación del agua superficial y subterránea y desequilibrio ecológico	<p>Establecer un programa de limpieza y desazolve de cunetas Retirar escombros</p> <p>Control del manejo de combustibles y lubricantes y derivados de asfalto por personal técnico especializado para evitar fugas</p> <p>Construir obras de drenaje necesarias para mantener el patrón hidrológico superficial Inspeccionar las condiciones de cables, vigas, cimientos, etc. de puentes al menos cada dos años Limpiar arbustos en el canal, inspeccionar pintura, y tapar grietas</p>	Adverso
	Contaminación del aire	<p>Reforestar los claros y partes altas con flora nativa de la región</p> <p>Cubrir con lona los materiales transportados en fase húmeda</p>	
	Generación de empleo		Benéfico
	Riesgo de accidentes	Contar con los dispositivos de señalamiento adecuados y hasta donde sea posible hacerlo en las horas de menor tránsito vehicular, limitando la longitud al mínimo operativo	Adverso



### ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN (Continuación)

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Mantenimiento Conservación	Contaminación y erosión del suelo	Evitar el uso de herbicidas e insecticidas para la limpieza del derecho de vía Construir bermas, suavizar cortes a manera de restringir la superficie de afectación Recuperar el total de los materiales producto del desmonte y despalme de los bancos de préstamo laterales para trabajos de arripe de taludes y disponer sobre la superficie afectada Inducir a los procesos de sucesión natural in situ	Adverso



## 7.2. Apéndice B. Encuesta a Expertos

### ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre:</b> José Germán Neri Herrera Muñoz
<b>Nivel de estudios:</b> Licenciatura en Ingeniería Civil
<b>Cargo actual:</b> Asesor Experto en Proyectos de Ingeniería Carretera
<b>Edad:</b> 68 años

Considerando que la construcción de un proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

**Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.

#### 1. Durante la Preparación del proyecto:

Agua	X
Aire	
Fauna	
Suelo	
Ruido	
Otra (escribirla)	

#### **Justificación:**

La Evaluación del impacto ambiental es un procedimiento que se ha venido aplicando a los proyectos carreteros desde principios de la década pasada.

Las obras para la construcción de carreteras incluyen actividades que repercuten en las aguas superficiales y subterráneas de diferente grado.

Los conceptos básicos de hidrología que deben tomarse en cuenta al analizar los impactos sobre el agua superficial y subterránea son:

-Todos los cauces de las corrientes que atraviesan el derecho de vía de la carretera.

-Todos los cauces de aquellas corrientes cuyas cuencas de captación abarcan el derecho de vía u obras de apoyo temporales o permanentes, incluyendo bancos de material, bancos de préstamo lateral y bancos de tiro.



-Los cauces o cuerpos de agua, naturales o artificiales, que recibirán aporte de azolves o de contaminantes producto del desarrollo del proyecto carretero.

-Todas aquellas superficies consideradas áreas de recarga cuyas propiedades de permeabilidad van a ser modificadas.

Los impactos identificados más importantes inducidos por la construcción de carreteras a las corrientes superficiales y subterráneas son los que se relacionan con la limpieza, nivelación o rellenos del terreno; pérdida de la capa vegetal, modificación de patrones naturales de drenaje, cambios en la elevación del agua subterránea local, incremento en la erosión y sedimentación de los ríos y lagos.

**Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	X
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

***Justificación:***

Las actividades del proyecto que ocasionan impactos en el agua subterránea específicamente son varias:

-La construcción del cuerpo de la carretera.

-La desviación temporal o permanente de caudales, impermeabilización de superficies; así como las consecuencias de estas actividades, erosión hídrica debido a que el agua sigue temporalmente otro cauce, arrastre de partículas y contaminantes (aditivos para la conservación de la vía y vertidos accidentales de combustibles).

**2. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

<b>Agua</b>	X
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

***Justificación:***

Durante la etapa de operación los principales contaminantes son los derivados de la deposición de las emisiones atmosféricas, principalmente partículas y plomo, y los de conservación de la vía, entre los que se incluyen diversos herbicidas. Durante esta fase también pueden ocasionarse vertidos ocasionales en los accidentes y derrames de aceites y grasas.



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre: Luis E. Montañez Cartaxo</b>
<b>Nivel de estudios: Maestría en Geotecnia</b>
<b>Cargo actual: Director General del Centro de Servicios en Energía y Sustentabilidad, S. C</b>
<b>Edad: 67 años</b>

Considerando que la construcción de un proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

**Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.

**1. Durante la Preparación del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	<b>Todas</b>

**Justificación:**

Debe incluirse la parte ambiental en la planeación así habrá menos impacto ambiental en general en todos los impactos.

**2. Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	<b>X</b>
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

En las obras lineales se divide el habitat y se corta el mismo por efecto de la carretera entre la vegetación y los animales. Hay que revisar que tan efectivos son los pasos de Fauna. Sin embargo, este aspecto es el más impactado en este tipo de proyecto.



**3. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	X
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

***Justificación:***

Este impacto al aire esta dado por la emisión de gases en la atmosfera de los vehículos.



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre: Sergio Macuil Robles</b>
<b>Nivel de estudios: Maestro en Ingeniería de Planeación y Finanzas</b>
<b>Cargo actual: Director Promoción de Desarrollo de Negocios en Proyectos Carreteros</b>
<b>Edad: 46 años</b>

Considerando que la construcción de un proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

**Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.

**1. Durante la Preparación del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	X
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Por los sondeos, limpiar la zona y el despalme pequeño. Para los estudios que se requieren del proyecto.

**2. Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	X
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	



**Justificación:**

El subsuelo, porque a la hora de poner pilas se puede afectar en la habilitación de aceros y demás. También puede afectarse el ecosistema flora y fauna y el agua por las avenidas, es por esto por lo que debe considerar muy bien las medidas de mitigación.

**3. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	X
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Producto de los vehículos, que contaminan el aire con CO2.



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre: Juan Alberto Monter Sanabria</b>
<b>Nivel de estudios: Maestría en Ingeniería de Negocios</b>
<b>Cargo actual: Fundador y Director General de Consultoría en Infraestructura</b>
<b>Edad: 39 años</b>

Considerando que la construcción de un proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

***Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.*

**1. Durante la Preparación del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	X
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Si es que hay alguna interacción humana con los animales, durante la preparación y diseño del proyecto este sería el impacto más relevante.

**2. Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	X
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Se afectan los mantos acuíferos, adicional a esto este impacto lleva consigo impactos en la flora y fauna y el suelo por la erosión en el caso de desviación de causas.



**3. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

Agua	
Aire	
Fauna	X
Suelo	
Ruido	
Otra (escribirla)	

***Justificación:***

Dado que la vía construida, y aun teniendo Pasos Ganaderos, la fauna va a migrar.



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre:</b> Ismael Quinto Caamaño
<b>Nivel de estudios:</b> Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica
<b>Cargo actual:</b> Gerente de Desarrollo de Proyectos
<b>Edad:</b> 37 años

Considerando que la construcción de un proyecto de Infraestructura, más específicamente uno carretero tiene impactos ambientales que impactan a los medios clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál considera usted que es el impacto más relevante?

**Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.

**1. Durante la Preparación del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	X
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Las actividades de despalme, desmonte y limpieza de terreno impactan directamente en la biodiversidad de los sitios al tener que reubicar y trasplantar especies de flora y fauna las cuales pueden resentir fuertemente este desplazamiento. Adicional a esto, los motores diésel de la maquinaria requerida suelen generar niveles de ruido que pueden afectar a poblaciones aledañas a las obras.

**2. Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	X
<b>Suelo</b>	



<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

***Justificación:***

La fauna se mantiene como el principal afectado por las reubicaciones y modificaciones a sus rutas de desplazamiento habituales. Sin embargo, también las poblaciones aledañas muy cercanas a las obras pueden verse altamente afectadas por la generación de ruido de la maquinaria utilizada.

**3. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	X
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

***Justificación:***

Los tramos carreteros generan divisiones en los sistemas ambientales locales y regionales impactando fuertemente en la movilidad de su fauna. Así mismo, la alteración de los cauces de agua genera también alteraciones en las condiciones locales y regionales de su flora y fauna.



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre: Carla Andrea Rojas Dónjuan</b>
<b>Nivel de estudios: Maestría en Finanzas e Inversión</b>
<b>Cargo actual: Gerente de Planeación e Inversión Privada en Infraestructura</b>
<b>Edad: 33 años</b>

Considerando que la construcción de un proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

***Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.*

**1. Durante la Preparación del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	X
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

- a) Alteración y erosión del suelo a causa de estudios y actividades de desmonte y despalme
- b) Vertido de sustancias durante el reconocimiento de la zona de construcción

**2. Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	X
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

- a) Derrame de productos y líquidos contaminantes



- b) Movimiento y desechamiento de tierra y escombros
- c) Actividades de limpieza de las vías
- d) Desviación de los cuerpos de agua
- e) Vertido de sólidos contaminantes en los cauces de agua
- f) Consumo excesivo del recurso

**3. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	X
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

***Justificación:***

- a) Incremento en la emisión de gases originadas por el tránsito de los automóviles
- b) Generación de polvo o partículas suspendidas en el aire
- c) Emisiones por desechos líquidos derramados en los pavimentos



**ENCUESTA A EXPERTOS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO  
“CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL, PARA ESTIMAR EL IMPACTO EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA”**

*Su colaboración es esencial e insustituible, por lo que le agradeceríamos conteste todo el cuestionario, siguiendo las instrucciones que aparecen más adelante.*

<b>Nombre: Rodrigo Alejandro Carreras Farfán</b>
<b>Nivel de estudios: Maestría en Administración de la Construcción</b>
<b>Cargo actual: Gerente de Proyectos</b>
<b>Edad: 33 años</b>

Considerando que la construcción de un proyecto carretero tiene impactos ambientales clasificados generalmente en agua, aire, fauna, suelo y ruido, de acuerdo con las etapas de un proyecto, ¿cuál es el impacto más relevante?

***Instrucciones:** Marque con una X, el impacto que considere de mayor incidencia y relevancia, en cada una de las etapas. Si es posible justifique brevemente su respuesta.*

**4. Durante la Preparación del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	X
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Desde esta etapa se puede medir el impacto que se tendrá sobre la fauna del lugar ya que al construir el proyecto carretero se impactará en el hábitat de las especies, así como el impacto en la migración de estas ya que la mayoría de las especies ya sea por clima adverso o por ciclo reproductor migran a distintos sectores los cuales se verán afectados al cortar el flujo natural de las especies. También es la etapa donde se pueden mitigar los impactos ambientales con mayor asertividad ya que se puede tomar medidas de correctivas antes de generar un daño al ambiente.

**5. Durante la Construcción del proyecto:**

<b>Agua</b>	X
<b>Aire</b>	
<b>Fauna</b>	



<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

Ya que se pueden contaminar las escorrentías superficiales y las subsónicas de cuerpos receptores de agua, Esto debido al mal uso de los materiales de la misma construcción de la carretera como tal al igual que en la construcción se tienen la mayoría de los productos químicos que pueden ser derramados por un mal manejo de estos y contaminar todo el cuerpo de agua en lechos o niveles inferiores.

**6. Durante la Operación y Mantenimiento del proyecto:**

<b>Agua</b>	
<b>Aire</b>	X
<b>Fauna</b>	
<b>Suelo</b>	
<b>Ruido</b>	
<b>Otra (escribirla)</b>	

**Justificación:**

La contaminación del air no solo se debe al CO<sub>2</sub> producido por el tráfico vehicular de la misma si no por los contaminantes en la atmosfera que genera los vapores de gasolinas y/o aceites que son derramados sobre la carpeta asfáltica.

**NOTA:** Los comentarios anteriormente mencionados se basaron en cuales eventos de impacto ambientales son los que en las diferentes etapas se logran mitigar de menor proporción ya que por experiencia son los que no se logran controlar con simples medidas de mitigación si no son en las cuales se requiere de mayor compromiso y de mayor presupuesto para el control de riesgos.



### 7.3. Apéndice C. Encuesta a Expertos Tipo Delphi Primera (1) Ronda.



#### ENCUESTA A EXPERTOS

##### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generarán, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planificación) cuyo título es "CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS".

##### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que mencionó una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>1</sup>, los cuales se clasifican en:

**Impactos Clase 1:** modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

**Impactos Clase 2:** extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

**Impactos Clase 3:** impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

**Impactos Clase 4:** cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

**Mitigación:** posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

**Identificación:** facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.

**Costo:** el costo de mitigar la clase impacto.

**Frecuencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.



**INSTRUCCIONES**

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
i. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
Criterios de evaluación	Definición	Extremadamente importante	Muy importante	Importante	Poco importante
Mitigación	Possibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
Identificación	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	X			
Costo	El costo de mitigar la clase impacto.	X			
Recurrencia	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.	X			

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Todos los criterios mencionados, son extremadamente importantes, para reducir o evitar impactos negativos durante el proceso constructivo de carreteras sobre fuentes de agua. Cada uno de los criterios forma parte de un proceso y no se le puede dar menor o mayor importancia a uno o a otro, si lo que se desea es realizar un trabajo eficaz y eficiente, que permita reducir los efectos negativos sobre el ambiente así como los costos económicos para la empresa desarrolladora del proyecto. Cumplir adecuadamente con un proceso de mitigación es un "ganar-ganar" (Gana el ambiente, gana la sociedad y gana la empresa desarrolladora (tanto a nivel económico como a nivel de reputación)).



Apreciado Experto

2. Considerando el criterio **Importancia**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

La fase de diseño del proyecto debe contemplar un plan adecuado de mitigación para evitar (en la medida de lo posible) o al menos reducir los efectos negativos que se definen en el enunciado. Ahora bien, de nada sirve redactar un super plan si al final priman los intereses económicos de la empresa o de los ingenieros encargados.

Es importante la toma de conciencia para trabajar con ética, responsabilidad social y ambiental. Quizás al principio los costos de mitigación podrían parecer altos, pero no se comparan a los costos que podrían producirse por una "mala praxis" en términos económicos y de reputación para la empresa desarrolladora ante un desastre ambiental.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **Importancia**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Un proceso de mitigación hecho con excelencia requiere la identificación de todas las zonas a lo largo del área del proyecto que deben ser intervenidas para reducir los impactos negativos que podría acarrear el proceso constructivo. La identificación requerirá un trabajo detallado de todos los aspectos naturales y/o sociales que podrían verse afectados, o los aspectos naturales y/o sociales que pudieran ser las causantes de algún problema en una zona "sensible". El monitoreo de calidad de aguas a nivel Físico-Químico, indicadores biológicos como insectos acuáticos y macroinvertebrados así como de fauna terrestre jugarán un papel importantísimo en estos puntos sensibles identificados para realizar planes de mitigación más apropiados para cada sector.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **4.1.10**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Siempre en cualquier actividad será importante realizar el mejor trabajo, en el menor tiempo posible y al menor costo posible. Por tal motivo, un trabajo exhaustivo en la identificación de las zonas sensibles a mitigar, permitirá analizar las diferentes opciones que arrojen el mejor rendimiento al menor costo beneficiando al ambiente, a la sociedad y a la empresa desarrolladora.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **recurrencia**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Si la recurrencia es alta, los costos serán muy altos a través del tiempo. Es probable que si la recurrencia es alta no se haya trabajado adecuadamente en la identificación de los factores asociados a las zonas sensibles, produciendo de esta forma medidas de mitigación débiles que sometan a la empresa a estar realizando gastos excesivos en reparaciones o rediseños.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Carlos Gómez
Organización	Consorcio Punta Brincional Sizaola
Cargo actual	Gestor Ambiental y Biólogo
Años de experiencia	7 años en Construcción de Obras Puentes y Barridas

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor menciónelo a continuación:

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>7</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>7</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	<b>X</b>			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	<b>X</b>			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.	<b>X</b>			
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.		<b>X</b>		

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

La medida de mitigación ambiental que son realizada para la elaboración de un proyecto, que son necesario para minimizar el impacto ambiental, depende de los costó evaluado para hacerle frente a cualquier daño ambiental que pueda ocurrir mediante el avance de la obra de construcción.



Apreciado Experto

2. Considerando el criterio **MITIGACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
		Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X	
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia**

La mitigación oportuna se considera necesarias para los impactos negativos significativos que pudiese ocasionar, la construcción del proyecto sobre el recurso agua y mantener dentro de los límites permitidos por la norma de calidad ambiental.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
		Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X	
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La identificación de los impactos ambientales que pueda ocurrir en la etapa de construcciones del proyecto, son necesaria e importante para minimizar algún daño la calidad de agua superficial y subterránea.

Como el caso de la construcción de la carreta, realizar un plan de manejo erosión, para evitar la alteración del agua por sedimento.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La importancia del manejo de costo para la preservación de la medida de mitigación dentro del estudio del impacto ambiental, en cuanto a la preservación del recurso Hídrico del dentro del proyecto. (Implementación del plan de control erosión en el proyecto.)



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

De acuerdo con el tiempo y avance del proyecto se implementará las diferente medidas mitigación o control del impacto ambiental que pueda ocurrir de durante la construcción de proyecto carretero, para la protección de la calidad del recurso hídricos.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Abraham Abrego
Organización	Empresa Privada
Cargo actual	Gestor Ambiental
Años de experiencia	6 años

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**

**ENCUESTA A EXPERTOS**



## OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

## ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>8</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

*Recurrencia:* frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

---

<sup>8</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b><i>Criterios de Evaluación</i></b>	<b><i>Definición</i></b>	<b><i>Extremadamente importante</i></b>	<b><i>Muy Importante</i></b>	<b><i>Importante</i></b>	<b><i>Poco importante</i></b>
<b><i>Mitigación</i></b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
<b><i>Identificación</i></b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.		X		
<b><i>Costo</i></b>	El costo de mitigar la clase impacto.	X			
<b><i>Recurrencia</i></b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.	X			

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Las carreteras son las obras de mayor impacto ambiental, ya que este no solo se centra en su etapa constructiva, sino también en la de operación, por lo que las medidas ambientales a instrumentar deben ser muy bien analizadas pues su aplicación debe ir acorde al plan de mantenimiento de la infraestructura. En estos tiempos un análisis económico del costo de una carretera por ningún motivo debe ser validado si en él no van insertados los costos de las medidas ambientales a implementar durante toda la vida útil de la misma.



Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				X
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

En materia de agua, el mayor impacto ambiental lo es sin duda la modificación de flujos ya que por propia ingeniería contractiva, sobre la superficie de rodamiento, el agua debe permanecer el menor tiempo posible de ahí que parte de los costos constructivos se centran en desviar o impedir que el agua cubra esa superficie, ahora bien ello conlleva a que en sitios específicos se conduzca el agua sin considerar el impacto que se podría generar en zonas o comunidades aguas abajo y al contrario cuando la infraestructura no cuenta con esos desfuegos, el daño por efecto de barrera se causa aguas arriba, inundado el entorno, por lo que el análisis en ese tema debe ir mucho más allá del espacio físico de la infraestructura.

Los otros aspectos no son tan relevantes, pues el impacto ambiental que se generaría no es de consideración ya que el tiempo del impacto no es tan prolongado al igual que la superficie y por ello su mitigación es más factible. Una carretera no implica una gran extracción del recurso; se impermeabiliza una gran superficie, pero en una corta distancia el agua se vuela a “depositar” al suelo y la calidad solo se ve alterada en un corto tiempo y espacio.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				X
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La identificación es la base para poder atender cualquier impacto, aunque por la magnitud que implica los impactos a los flujos de agua superficial son los primordiales.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				X
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** La importancia va en función de la magnitud de los impactos que generaran, donde los de la clase 1 pudieran significar hasta un cambio de trazo del proyecto



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				X
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.				X
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La relevancia va en función al tiempo o veces en que deben aplicarse las medidas ambientales de mitigación ya que los impactos van a existir durante toda la vida útil de la vialidad.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Biól. Alejandro González Sánchez
Organización	Servicio Integral de Gestión Ambiental (SIGA)
Cargo actual	Director
Años de experiencia	21 años

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>9</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>9</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

### INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	X			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.		X		
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** la mitigación, la identificación, así como la importancia del costo de estos son sumamente importante, ya que a partir de estos se disminuye el costo en las compensaciones económicas para cualquier construcción.

Así también se tiene una construcción amigable con el ambiente y el impacto es menor, la huella de construcción reduce, y el dinero a invertir en la parte de compensaciones económicas por daños ambientales es mejor.



Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** Hablando de agua, tanto potable como lacustre, todo es extremadamente importante si se trata de medidas de mitigación, ya que sabemos que es un recurso poco aprovechable en su reutilización (tratamiento de agua), por lo es importante tener en cuenta todas las consecuencias que trae la modificación del flujo ya que hay comunidades que se pueden inundar aguas arriba del punto de estudio, la extracción de agua o mejor llamada sobre explotación acuífera en la Ciudad de México ya se vive de una forma crítica, con los hundimientos, deformaciones en las construcciones, socavones.

Con esto se viene en el caso de excavaciones y construcciones a profundidad (pilas, zapatas y entre otras), se necesita mucho material para rellenar, se pueden contaminar muchas más capas acuíferas, ya que y hay un suelo inestable.

En cuanto a la impermeabilización de las áreas de recarga, viene de la mano con el cambio de la calidad de agua a causa de azolves, ya que, si no se utiliza un impermeabilizante adecuado, aparte de que el agua subterránea tiene un proceso de potabilización natural por el paso de la superficie del suelo hasta la capa de recarga, con la impermeabilización este y otros procesos biogeoquímicos ya no se permitirían (mineralización y desmineralización).



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Para la identificación del daño y el costo de recuperación de este se tiene que basar en la distancia que se va a afectar, buscar las mejores medidas de mitigación basado en el impacto que se tenga hacia la población, a la flora, fauna, y suelo.

Identificando estos puntos de impacto de las acciones de construcción se disminuye, la magnitud de impacto y por lo tanto los costos de la reconstrucción y recuperación de los ríos, lagos, lagunas y/o manantiales, según sea el caso.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La extracción desmedida de agua es en la que más tenemos idea, ya que entre más este explotado el recurso la calidad de este es menor, es el caso en la ciudad de México en el centro y oriente de la ciudad la calidad es deplorable, al igual que al sur del país, la sobre explotación de los mantos acuíferos, las modificaciones del uso del suelo y la eliminación de barreras naturales, provocan la filtración de hidrocarburos a los puntos de captación de agua para consumo humano y actividades varias, así que en este punto sabemos que al país le cuesta demasiado dinero el poder tener agua al menos no potable pero si para uso doméstico.

Las modificaciones del flujo, para la infraestructura que se vaya a realizar y las que ya existen tienen daños muy severos si no se tiene el cuidado, ya que el agua es un poderoso destructor de construcciones, si no se cuidan estas situaciones puede haber hundimientos, inundaciones, socavones, entre otras entonces el costo de reconstrucción o de adecuación sería algo con una alta inversión.

En los cambios de calidad de agua debido a deslaves o azolves, es más fácil recuperar el agua de estos percances, aunque tendría un costo extra, pero el impacto ambiental sería menor en comparación con los demás.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La recurrencia de estas clases de efectos ambientales puede provocar altos costos en la indemnización ambiental y social, así como las generaciones extras de gastos para la finalización de la obra, la reconstrucción y resarcimiento de los daños ambientales, más la penalización legal, aumentarían el gasto de inversión y la baja recuperación de ganancia.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

**DATOS DEL EXPERTO**

Nombre	Edith González Soto
Organización	CICIMAR
Cargo actual	Egresada de posgrado
Años de experiencia	5

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en un carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>10</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>10</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	X			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.	X			
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.	X			

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Considero que todos los aspectos son *Extremadamente importantes* para la planeación de proyectos, no obstante, su jerarquización dependerá del papel que tenga cada persona dentro de este para su análisis, por ejemplo, la persona responsable de prevenir y mitigar los impactos ambientales considerará la *Mitigación* y su *Recurrencia* como prioritarios; por otro lado, los inversionistas y administradores del proyecto verán al *Costo* como el principal criterio de análisis; para ambos casos, la *Identificación* será un soporte primordial para analizar su parte del proyecto correspondiente.

Conforme a lo anterior, creo que cada uno de los *Criterios de Evaluación* son de gran relevancia cuando se analiza el proyecto como conjunto y no de manera individual.



Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Las Clases 1 y 3 son de mayor importancia debido a que estas determinarán la presencia de agua no solo en las áreas puntuales del proyecto, sino también en las áreas de influencia que estas podrían afectar. La posibilidad de mitigar estas dos Clases permitirá establecer medidas de menor costo y mayor efectividad en las otras dos Clases, así como evitar la generación de impactos adicionales.

Como ejemplo simple consideremos lo siguiente; si tuviéramos un acuífero de 1,000 m<sup>3</sup> con capacidad para recarga diaria de 100 m<sup>3</sup> y cuya demanda de extracción por alguna comunidad cercana sea de 50 m<sup>3</sup>; tendríamos de esta forma un aprovechamiento armónico o sustentable, permitiendo aplicar solo medidas para mitigar los impactos ocasionados por la calidad del agua. No obstante, si nosotros evitamos la recarga por filtración y desviamos el flujo de agua que aporta a este acuífero disminuyendo un 50% su capacidad de recarga y a esto le incluimos un consumo desmedido aumentando la demanda a 100 m<sup>3</sup>, tendríamos la necesidad de impactar otros sitios para atender la demanda, incrementando no solo los impactos, sino también los costos de mitigación.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Como lo comenté en el criterio anterior, las Clases 1 y 3 tienen mayor importancia debido a que estas nos permitirán determinar medidas que coadyuvarán en las otras dos Clases, por ello, la facilidad para identificar estos impactos permitirá reducir los costos por mitigación.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Todos son de extrema importancia porque durante el diseño del proyecto el análisis de costos será un punto clave para que este se desarrolle de manera satisfactoria con los resultados esperados.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La diferencia entre las calificaciones que otorgo a las Clases 1 y 3 y las Clases 2 y 4, se debe a que las primeras son impactos que pudieran afectar a largo plazo llegando a ser incluso irreparables, mientras que las otras dos Clases podrían considerarse solo como impactos puntuales ligados solo a la etapa de desarrollo del proyecto.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

**DATOS DEL EXPERTO**

Nombre	Juan Carlos Bravo Villa
Organización	Empresa Consultora CIRSE AyCE. S. C.
Cargo actual	Gerente general – Cofundador de la empresa
Años de experiencia	17

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>11</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>11</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	x			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	x			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.		x		
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.		x		

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Durante la construcción de obras carreteras, así como de cualquier otra, las medidas de mitigación ambiental constituyen el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación aplicada a los de impactos ambientales negativos. Dichas medidas normalmente son ejecutadas durante su desarrollo y ejecución a fin de asegurar el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y en la protección del ambiente.



De la calificación en la tabla anterior, en forma global, se muestran las medidas y acciones que, en mi experiencia, son las que prioritariamente se deben aplicar y tendientes a controlar las situaciones indeseadas que se producen durante la construcción y operación de las obras.

#### MITIGACIÓN:

Califiqué como extremadamente importante, el llevar a cabo la posibilidad de mitigar técnicamente los impactos previsibles. Es decir, antes de iniciar con la ejecución de la obra y después de corroborar que el programa de actividades constructivas propuesto conlleva todas las acciones tendientes a la reducción y/o minimización de los efectos ambientales indeseados. Es así como consideré los mecanismos necesarios para instrumentar la coordinación y consenso de los programas de mitigación con los organismos públicos competentes. La importancia extrema conlleva en proveer capacitación a todos los niveles, desde ayudantes generales hasta el nivel directivo de la obra y en coordinación con personal ejecutivo de organismos públicos involucrados con la obra en los aspectos específicamente ambientales para ejecutar acciones de mitigación, compensación y/o de restauración.

#### IDENTIFICACIÓN:

Consideré en mi calificación, a la identificación como extremadamente importante, ya que se requiere de una adecuada y correcta planificación de la obra, con la intención de no afectar o bien impactar en la menor medida posible al entorno inmediato de su ejecución y posteriormente a la zona de influencia. Es por ello por lo que desde la concepción de la obra y a nivel del desarrollador, es necesario asignar responsabilidades específicas en relación con la implementación, operación, monitoreo y control de las medidas de mitigación a todos los niveles de operación.

#### RECURRENCIA:

Es factible que se tengan afectaciones una y otra vez sobre el medio en que se desarrollan, pero la recurrencia de dichos impactos puede ser mitigados y/o compensados al realizar planes de contingencia para situaciones de emergencia, por ejemplo, cuando se tienen recurrentes derrames de combustible y aceite de maquinaria durante la construcción, que pueden ocurrir y tener consecuencias ambientales significativas, y de consecuencias adversas sobre todo en afectaciones a cuerpos de agua. Finalmente, los efectos pueden ser mitigados, compensado e incluso atenuados las veces que sea necesario.



**COSTO:**

Aun cuando califique este apartado como Muy Importante, el costo asociado a las medidas de mitigación es subjetivo, ya que el desarrollador encuentra otras variables que normalmente no fueron consideradas en la ejecución de las obras, lo que conlleva a elevar los costos de las medidas cuando debieron haber sido consideradas inicialmente, desde la planeación de la obra.

Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición	Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
		Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	x	
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	x			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	x			
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		x		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Califiqué como extremadamente importante a las modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera que se pudieran generar por el desarrollo de una obra carretera. Tal es el caso de la obra Lerma – Tres Marías en el Estado de México, la cual no pudo conectarse hasta el poblado de Tres Marías en el Estado de Morelos, debido a su interferencia con la recarga de los mantos acuíferos ya que se verían modificados por el retiro de la cubierta vegetal (arbolado) y sustituido por una carpeta impermeable que atravesaría una zona boscosa de Quercus y Encino.

Aunado a lo anterior, la extracción desmedida de agua para consumo humano para la realización de actividades del tipo industrial y de servicios propician que esta calificación sea considerada como



extremadamente importante durante la planeación de las obras, ya que conllevaría a la desecación inclusive de zonas que antes tenían cuerpos de agua Mayores. Tal es el Caso de la Laguna de Zempoala en el Estado de Morelos, que la extracción de agua para consumo ha llevado a la casi desaparición de dicho cuerpo de agua. En ese mismo rubro de importancia (como extremadamente importante) he calificado a la impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos, la cual, en sí, está representada por la colocación de la carpeta de rodamiento en todas las carreteras.

En ocasiones la construcción de una carretera, como, por ejemplo, la Lerma – Tres Marías provocó una afectación a los cuerpos de agua superficial, como la Ciénega de Lerma (Zona RAMSAR), los que en forma temporal y de manera reversible provocaron cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc. En realidad, para esta obra, resulto ser la medida de **mitigación** adecuada ya que fue positiva su construcción, en la que por ejemplo y debido al efecto barrera, se logró contener en forma significativa el impacto social adverso que la población de Lerma ha llevado a cabo y durante décadas sobre la zona inundable. Es por ello por lo que califique como muy importante esta actividad.

Apreciado Experto					
3. Considerando el criterio <b>IDENTIFICACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		



### **Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Durante el desarrollo de una Obra Carretera, se sabe que los impactos ambientales más relevantes son la posibilidad de deslaves, como cuando el Talud es muy alto, así como de hundimientos, por ejemplo los debidos a la presencia de cuerpos de agua que se encuentran cercanos al trazo de la obra y demás movimientos masivos en los cortes, por lo que califique de extremadamente importante este rubro, ya que es necesario contar con los estudios preliminares, como el de mecánica de suelos de entre otros que **identifiquen** la trayectoria de la obra para evitar, en la medida de lo posible cualquier modificación en el flujo de agua superficial, subterránea que incluya el efecto barrera.

Con respecto de los impactos ambientales adversos más importantes, calificué como extremadamente importante a los debidos por la contaminación de las corrientes de agua superficiales asociados a la extracción desmedida de agua para consumo humano. Para estos casos, las medidas de mitigación planteadas corresponden inicialmente desde los estudios de factibilidad, la identificación y detección de las afectaciones que pudiera provocar dicho trazo carretero sobre el entorno, y aplicar dicha verificación (identificación) en cada uno de los programas de obra y la aplicación de las medidas correctoras cuando sea necesario.

Sobre las actividades asociadas a la impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos, es necesario realizar desde la identificación de los impactos adversos todas aquéllas variables que requerirán de incluir medidas correctivas y poderlas adoptar a tiempo, por lo que mi apreciación, es de muy importante llevar a cabo un programa de vigilancia ambiental, para evitar colocar asfaltos y/o concretos en sitios (identificación de zonas críticas) que puedan afectar, por ejemplo, la filtración del agua para recarga de mantos acuíferos. Para la clase 4, relativa a los cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc., calificué a la identificación como muy importante, ya que como mencioné anteriormente, es necesario contar con los programas, estudios, análisis y demás elementos de juicio que aporten evidencia sobre las posibles modificaciones a los cambios en la calidad del agua para evitar efectos adversos y que sean contemplados desde las etapas preliminares como en la identificación de impactos potenciales.



Apreciado Experto					
4. Considerando el criterio <b>COSTO</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		x		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Durante el desarrollo de las evaluaciones ambientales, en algunos estudios se hace énfasis en el **costo** y en la identificación oportuna de las afectaciones que tendrá una obra determinada. Lo anterior, para diseñar obras con mejoras ambientales y así evitar, atenuar o compensar los impactos adversos que pueden ser producidos.

Los estudios preliminares posibilitan a los diseñadores y dependencias de gobierno en incluir las consideraciones ambientales ya identificadas para tratar de reducir las necesidades subsecuentes de imponer limitaciones al proyecto. De esa forma se puede evitar incurrir en costos y demoras en la construcción de la obra.

Aun cuando las Leyes Ambientales en México establecen que los estudios de impacto ambiental deben de realizarse y evaluarse antes del inicio de cualquier obra, se tiene evidencia de cómo quedará un proyecto definitivo acerca de la carretera a construir. De lo anterior, al contar con la calificación y ponderación de los impactos generados y de sus posibles medidas de mitigación, atenuación o control, darán mayores herramientas, para que el diseñador las tome en consideración dentro del proceso, obteniendo como



resultado menores variaciones entre el costo estimado y el real, motivadas por la necesidad de realizar trabajos no contemplados y detectados dentro del estudio de impacto ambiental.

Apreciado Experto					
5. Considerando el criterio <b>RECURRENCIA</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	x			
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	x			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		x		
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		x		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

No encuentro ningún nivel de importancia que resulte en “*poco importante*” o tan solo “*importante*” en los impactos que provocan las actividades constructivas sobre la segmentación de efectos ambientales que aquí se presentan. La valoración que he presentado en el rubro de **recurrencia** implica que, durante la construcción de una Obra Carretera, que conlleva la posibilidad de deslaves, la probabilidad de que un evento se repita y que en consecuencia se tenga nuevamente un efecto adverso sobre el entorno es alta. Por ello calificué a la Clase 4 como muy importante, mientras que, para la impermeabilización, le he puesto una calificación similar, es decir, de muy importante para la Clase 3, ya que es muy factible que en cortos periodos se tenga que recurrir a una afectación que involucre la colocación de carpeta sobre el cuerpo carretero. Las Clases 2 y 1 fueron evaluadas como “extremadamente importantes”, ya que, como lo he mencionado en apartados anteriores, es necesario contar con los estudios preliminares que identifiquen la



trayectoria de la obra para evitar, en la medida de lo posible, cualquier modificación, por ejemplo, en el flujo de agua superficial, y/o subterránea que incluya el efecto barrera. En ocasiones también puede asociarse la contaminación de las corrientes de agua superficiales con la extracción desmedida de agua. Dicha extracción de agua no necesariamente tiene que ser para consumo humano, ya que durante la construcción de un tramo carretero también se requieren cantidades importantes de agua para la formación de las diferentes capas (base y subbase) de dicho tramo. Para llevarlo a cabo, se requiere de la obtención de un título de concesión emitido por la CONAGUA. Sin embargo, este es un trámite extremadamente complicado, y que en muchos casos no es adecuado llevar a cabo por el desarrollador. En estos casos, las medidas de mitigación planteadas se deben de valorar desde los estudios de factibilidad.

Cabe señalar que, sobre las actividades asociadas a la impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos, es necesario realizar desde la identificación de los impactos adversos, todas aquellas variables que requerirán de adoptar medidas correctivas necesarias con la intención de no repetir nuevamente la aplicación de medidas correctivas y/o de mitigación.

Con respecto de los cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc., califiqué a la identificación como muy importante, ya que es necesario contar con los programas, estudios, análisis y demás elementos de juicio que aporten evidencia sobre las posibles modificaciones a los cambios en la calidad del agua con la meta de ejecutar las medidas correctivas desde las etapas preliminares como en la identificación de impactos potenciales.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Rogelio Velázquez de la Mora
Organización	CAABSA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.
Cargo actual	GERENTE AMBIENTAL
Años de experiencia	30

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>12</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>12</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.			X	
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.			X	
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.		X		

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Considero que las acciones de mitigación que se proponen cuando se presenta un proyecto de cualquier tipo, son la parte más importante en la cual se basa la autoridad al evaluar un proyecto. Entre más acciones que minimicen el impacto que el proyecto puede causar al ambiente tendrá mayor éxito ambiental y mayores posibilidades en su aprobación.

La identificación la considero extremadamente importante al momento de evaluar el impacto ambiental de manera integral. La "facilidad" de identificación dependerá de la experiencia de quien elabora y de quien evalúa el proyecto.

En cuanto al costo, es importante calcularlo y tenerlo en consideración para tener en cuenta la viabilidad de las acciones que se proponen, que se ejecutan, que se financian o que se evalúan.



Con relación a la recurrencia de los impactos, es muy importante al momento de prever y programar acciones para la atención de dichos impactos en las diferentes etapas del proyecto

Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

De manera general, la importancia de las acciones de mitigación relacionadas con los efectos ambientales de cada clase radica en disminuir los efectos acumulativos que puedan tener dichos impactos durante el transcurso de las etapas del proyecto. Hay muchos factores que deben considerarse y tratarse de manera integral de manera específica en la zona donde se quiere llevar el proyecto.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

En mi opinión, este criterio depende mucho de la experiencia del tercero. Cuando se utilizan técnicas de causa-efecto para la identificación y descripción de impactos derivados de las diferentes acciones del proyecto, influye la subjetividad de quien lo analiza. Mientras que para uno la impermeabilización de las áreas de recarga puede considerarse inaceptable, para otro puede compensarse con los sistemas de drenaje que se utilicen.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.			x	
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			x	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			x	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.			x	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La cuantificación de los efectos ambientales debe realizarse para determinar la viabilidad de los beneficios que se esperan obtener durante la aplicación de las medidas de mitigación.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.			X	
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Derivado de este criterio se establece el programa de mantenimiento periódico del proyecto, de ahí la importancia de considerar el ciclo de los efectos ambientales durante la vida útil del proyecto. Por ejemplo, mientras que un efecto barrera puede darse por única vez durante la etapa de preparación del sitio, la calidad del agua por deslaves en una zona que llueve mucho, sabes de antemano que será anual.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### **DATOS DEL EXPERTO**

Nombre	*
Organización	*
Cargo actual	Gerente ambiental
Años de experiencia	13

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

PREFIERO QUE MIS DATOS NO SEAN PUBLICADOS EN LA TESIS

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>13</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>13</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	<b>X</b>			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	<b>X</b>			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.	<b>X</b>			
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.	<b>X</b>			

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Es extremadamente importante conocer los criterios de Evaluación para un proyecto, ya que de ello depende que el impacto ambiental generado por la obra o actividad sea de menor grado, conociendo estos criterios se podrá tener una mejor Evaluación y se podrá proponer una mejor alternativa de mitigación así como el costo de la propuesta de mitigación para implementar el plan de manejo ambiental de manera eficaz y económica y así los involucrados en la realización del proyecto, en la obra y los beneficiarios tomarán las mejores decisiones.



Apreciado Experto					
2. Considerando el criterio <b>MITIGACIÓN</b> , califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la <b>importancia</b> que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.					
Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				X
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	X			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Para un proyecto carretero los impactos de clase 2, son poco importante ya que para este tipo de obra (carretera) la extracción de agua para consumo humano y consumo humano no se realiza.

El mayor impacto en el rubro agua se da por la clase de impacto 3, ya que este tipo de proyectos se crea el efecto de impermeabilización en las áreas cubiertas por el trazo del proyecto afectando la recarga de acuíferos, la clase 4 también es de suma importancia para estos proyectos ya que cuando por cuestiones del trazo del proyecto se tiene que derribar la vegetación de este tramo y su zona federal dejando descubierto el suelo y si en el trazo se tiene que realizar cortes en cerros, o rellenos en terraplenes en partes bajas al existir algún deslave se generaran azolves y se ve afectada la calidad del agua.

Al tener un escurrimiento al realizar una obra carretera, se genera un parteaguas “artificial” o bordo artificial. Esto genera un impacto en la modificación del flujo del agua de ese escurrimiento.

Para las aguas subterráneas se generan los mayores impactos sobre todo en los lugares destinados para la extracción de materiales para la construcción de la carretera.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>X</b>			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	<b>X</b>			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>X</b>			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	<b>X</b>			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Es importante que se sepa reconocer la clase de impacto para este tipo de obras ya que de ello depende la aplicación de las medidas de mitigación, costos y tiempos de realización.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>X</b>			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				<b>X</b>
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>X</b>			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	<b>X</b>			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Para un proyecto de carretera o cualquier otra actividad es extremadamente importante conocer los costos ya que de ello depende la buena implementación de las medidas de mitigación.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>X</b>			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.				<b>X</b>
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>X</b>			
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	<b>X</b>			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Conocer la recurrencia de la clase de impactos nos ayuda a prevenir, mitigar y compensar mejor los impactos generados por la obra, así mismo, a poder implementar en tiempo y costos los planes de manejo ambiental.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Juliette López Márquez
Organización	Independiente
Cargo actual	Consultor Ambiental
Años de experiencia	20

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>14</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>14</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

## INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.		X		
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.				X
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**



Apreciado Experto

2. Considerando el criterio **MITIGACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### **DATOS DEL EXPERTO**

Nombre	Dr. Luis Eduardo Gómez García
Organización	PROPAEM
Cargo actual	PROCURADOR
Años de experiencia	15 AÑOS

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor menciónelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>15</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

---

<sup>15</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Costo:** el costo de mitigar la clase impacto.

**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

### INSTRUCCIONES

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.	X			
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	X			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.	X			
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.			X	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** Los primeros tres criterios tienen una relación directa entre sí, y en materia de agua, es extremadamente importante disminuir las posibles afectaciones al recurso hídrico durante un proyecto carretero, debido a las implicaciones que conlleva en el aprovechamiento sustancial del mismo, y en virtud de que existe una legislación que regula tales usos, siendo vital la identificación del impacto o posible impacto, y en consecuencia, el costo de su respectiva mitigación, lo que le dará valor real al proyecto carretero que se pretende llevar a cabo. En cuanto a la recurrencia, se presume que, al tomar en cuenta los tres puntos anteriores, se debe tener un control en los posibles impactos ambientales.



Apreciado Experto

2. Considerando el criterio **MITIGACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** En un proyecto carretero, las modificaciones al flujo del agua pueden tener consecuencias cuando ocurran eventos hidrometeorológicos extraordinarios. La extracción desmedida de agua para consumo humano y demás actividades siempre será una de las afectaciones más importantes al medio ambiente, ya que, lamentablemente, es muy difícil evitarlas y se requieren de medidas muy extremas para asegurar un control óptimo del aprovechamiento del recurso hídrico. La impermeabilización de áreas de recarga tiene impacto, principalmente, en el revestimiento de cauces de río y/o arroyos, siendo muy difícil que se puedan proteger zonas fuera estos sitios, por lo que se debe contemplar la continua recarga en caso de afectar un sector de este tipo. La calidad del agua es fundamental para los distintos usos consuntivos, por lo que las afectaciones a ésta, se manifestarán de forma económica, al requerir de tratamientos previos para su uso, siendo también un impacto ambiental muy delicado.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	X			
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** La extracción desmedida de agua y los impactos en la calidad del agua siempre serán los de mayor impacto ambiental en el desarrollo de cualquier proyecto, mientras que las modificaciones al flujo de agua y la impermeabilización de zonas de recarga de acuíferos, pueden tener adecuaciones para reducir los impactos, por lo que es vital identificar aquellos que modifiquen sustancialmente la extracción y calidad del agua en la zona en donde se presume llevar a cabo cualquier obra de infraestructura, que en este caso se trata de un proyecto carretero.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.		X		
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** de todos los impactos que pudieran presentarse, los cambios en la calidad del agua implicarán un mayor costo en el desarrollo de cualquier proyecto, ya que se afecta de manera directa, la economía de los diferentes usuarios del agua. Tratar de evitar estos impactos, siempre será bien visto por los beneficiarios directos de una obra, sin olvidar la importancia que también se le tiene que dar a los otros tres puntos.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.			X	
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:** Habiendo tomado en cuenta las otras preguntas, se debe entender que cualquier proyecto debe considerar que existirán ciertas recurrencias en impactos al agua, y la forma en que serán evitadas o disminuidas, por lo que se reduce su importancia, pues se entiende que son el resultado del análisis previo a evitar contingencias ambientales.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### **DATOS DEL EXPERTO**

Nombre	Rogelio Granados Andrade
Organización	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
Cargo actual	Jefe de Proyecto de Aguas Subterráneas
Años de experiencia	14

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

---

---

---

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

### OBJETIVO DE LA ENCUESTA

La siguiente Encuesta busca conocer los principales Impactos Ambientales, que se generan, particularmente en el **AGUA**, cuando se desarrolla un Proyecto de Infraestructura Económica, especialmente en uno carretero.

Los resultados de la encuesta servirán de insumo para el desarrollo de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas (Planeación) cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR AMBIENTAL PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS”.

### ANTECEDENTES

Basado en la experiencia, la Evaluación Ambiental y la Evaluación de Rentabilidad Socioeconómica de proyectos de Infraestructura Económica se consideran evaluaciones aisladas que concluyen sobre la factibilidad de un proyecto, desde su especialidad; sin embargo, con esta propuesta se busca integrar algunos de los aspectos más relevantes de la Evaluación Ambiental en la Evaluación Socioeconómica. Lo anterior posibilitará que un evaluador económico pueda establecer indicadores ambientales (para este caso del **AGUA**) en su Evaluación, haciéndola integral, independientemente de su experiencia en la Evaluación Ambiental.

Para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura Económica, específicamente para proyectos lineales como carreteras, se consideran diferentes impactos ambientales, los cuales se pueden identificar según el medio afectado (suelo, agua, flora y fauna, aire, y clima).

Con relación al medio afectado **AGUA**, el IMT (2000) realizó una publicación que menciona una segmentación de los grandes efectos ambientales que inciden en el ciclo de vida de un proyecto<sup>16</sup>, los cuales se clasifican en:

*Impactos Clase 1:* modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.

*Impactos Clase 2:* extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.

*Impactos Clase 3:* impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.

*Impactos Clase 4:* cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.

Con el propósito de conocer cuáles son los impactos ambientales más relevantes al agua causados por un proyecto de infraestructura económica carretera, considere los siguientes criterios de Evaluación para contestar las preguntas que se presentan en las siguientes páginas:

*Mitigación:* posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.

*Identificación:* facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo

*Costo:* el costo de mitigar la clase impacto.

---

<sup>16</sup> Preparación, Construcción y Operación & Mantenimiento.



**Recurrencia:** frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.

**INSTRUCCIONES**

La encuesta consta de cinco (5) preguntas, en la que se calificará la importancia de los criterios propuestos y de las clases de impactos ambientales.

Marque con una (x), según la importancia que usted considere y justifique su respuesta.

Apreciado Experto					
1. Considerando el conjunto de criterios, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la importancia que le corresponde a cada uno de ellos.					
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Definición</b>	<b>Extremadamente importante</b>	<b>Muy Importante</b>	<b>Importante</b>	<b>Poco importante</b>
<b>Mitigación</b>	Posibilidad de mitigar técnicamente la clase de impacto.		X		
<b>Identificación</b>	Facilidad de identificación de la clase impacto, dado que el evaluador económico deberá saber reconocerlo.	X			
<b>Costo</b>	El costo de mitigar la clase impacto.		X		
<b>Recurrencia</b>	Frecuencia y duración de la clase de impacto durante las etapas de una carretera.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

El primer inconveniente al que se enfrenta el impacto ambiental asociado a proyectos carreteros es la capacidad/experiencia técnica de cada consultor ambiental y de cada evaluador (SEMARNAT). De ello dependerá la correcta identificación de los impactos, de acuerdo con el tipo de proyecto y al ecosistema en el que se ubica. Lo que no se identifica no puede ser mitigado, ni presupuestado.



Apreciado Experto

2. Considerando el criterio **MITIGACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

El impacto más significativo en la construcción de trazos carreteros (nuevos) son las potenciales modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera, que deberán reducirse con un adecuado proyecto de drenaje. A su vez, el efecto barrera asociado a la fragmentación de hábitats y atropellamiento de fauna silvestre es el impacto más preocupante en términos biológicos.



Apreciado Experto

3. Considerando el criterio **IDENTIFICACIÓN**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

La Clases 1 y 4 son impactos directos en la construcción de infraestructuras lineales, la Clase 2 y 3 son impactos indirectos o a escalas regionales.



Apreciado Experto

4. Considerando el criterio **COSTO**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	X			
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.		X		
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	X			

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Como mínimo debe considerarse un presupuesto para la mitigación, como parte del proyecto geométrico se debe garantizar mediante estructuras de drenaje menor y mayor el libre paso de agua superficial y la estabilidad de los terrenos; además, son temas de seguridad vial.



Apreciado Experto

5. Considerando el criterio **RECURRENCIA**, califique marcando con una (x), basado en su opinión como experto, la **importancia** que le corresponde a cada clase de impacto ambiental.

Segmentación de efectos ambientales	Definición				
		Extremadamente importante	Muy Importante	Importante	Poco importante
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.		X		
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.			X	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.			X	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.		X		

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

El mantenimiento de drenaje y los deslaves y azolves constituyen un tema de seguridad vial y conservación carretera; considerando los efectos del cambio climático, la infraestructura cada vez es más vulnerable, lo que implica mayor frecuencia de intervención en los sitios.



La opinión que usted registre en dicha encuesta no estará condicionada por su nombre ni su información personal, pues los resultados serán procesados de manera grupal y sus datos serán mencionados sin detalle de su respuesta.

#### **DATOS DEL EXPERTO**

Nombre	Tatiana Paredes Rojas
Organización	Independiente
Cargo actual	Consultora ambiental
Años de experiencia	11

Se publicará únicamente su nombre y años de experiencia, en caso de que usted no quiera que sus datos se publiquen en la tesis, por favor méncionelo a continuación:

No mencionar nombre.

**¡Gracias por su participación!**



## 7.4. Apéndice D. Encuesta a Expertos Tipo Delphi Segunda (2) Ronda.



### ENCUESTA A EXPERTOS

INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Jerarquía
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrero.	
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	2
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	1

Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

- 1- Durante los procesos de remoción de tierras en las riveras de los ríos y excavación de surcos se observa una cantidad importante de material que se arrastra al cauce de ríos produciendo sedimentos que afectan la calidad del agua, reduciendo la cantidad de oxígeno disponible y perjudicando la vida acuática por contaminación.
- 2- La construcción de obras suele, principalmente si no se planifica adecuadamente, interrumpir flujos de aguas subterráneas que afectan las áreas de recarga de acuíferos durante los procesos de fundación de las estructuras viales.



## ENCUESTA A EXPERTOS

Estimado **Abraham**, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

<b>Segmentación de efectos ambientales</b>	<b>Definición</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>1</b>
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	<b>2</b>

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Durante la construcción de un proyecto, es importante tomar medidas de mitigación, en cuanto a la calidad del agua superficial o subterráneas, como controlar los impactos que se producen sobre el recurso hídrico y también Implementar las medidas de mitigación necesarias para la protección y conservación de hábitad de la fauna acuática y terrestre, y también al ser humano.

Además, es importante de llevar un registro de monitoreo de calidad de agua, físico, químico y bacteriológicos del agua para evaluar las propiedades cuyo resultado deben ser de alta calidad del recurso hídrico y que cumpla con la norma y parámetro permisible.

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

Estimado **Alejandro**, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Jerarquía
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	1
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	2
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

### Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:

Para una mayor comprensión del texto, trataré de explicar de manera inversa a la jerarquización para así comprender el por qué es más relevante el marcado con el número 1.

**(2).** En lo referente a la impermeabilización de la superficie, aunque esta si puede ser de consideración, la realidad puede mostrar que si bien en una X superficie se impide que el agua percole hacia el suelo, no debemos perder de vista que al caer el agua sobre la superficie impermeabilizada, esta se conduce hacia las márgenes de la misma, donde el agua encontrará áreas para su infiltración, de ahí que el impacto se reduzca y más aún si se construyen resumideros; este impacto sería altamente significativo si por la construcción se fracturaran canales naturales que abastecieran fuentes, pero entonces el impacto no sería por la impermeabilización, sino por alteraciones a las corrientes subterráneas. El real impacto ocasionado por la impermeabilización no sería por disminuir la superficie de captación, sino por desviar las corrientes hacia puntos específicos y entonces ya estaríamos en el impacto jerarquizado con el número 1.

**(1).** La modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y el efecto barrera, son los tres ejemplos clásicos de impactos directos que genera la construcción de una carretera y es por mucho los de mayor atención ya su incidencia será en todo momento desde la construcción hasta la operación y su mitigación debe ejecutarse igualmente en todo momento, la no atención de los mismos, forzosamente traerán consecuencias que implicaran pérdidas económicas y hasta humanas donde las afectaciones a la propia infraestructura será lo de menos.



Cuando se habla de la construcción de una carretera son de las obras de mayor impacto ambiental, justo se hace referencia principalmente a estos impactos (desvío de aguas y generación de barreras)

**¡Gracias por su participación!**

### ENCUESTA A EXPERTOS

Estimada **Edith**, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

Segmentación de efectos ambientales	Definición	Jerarquía
Clase 1	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	2
Clase 2	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
Clase 3	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	1
Clase 4	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

El mayor impacto de los 4 corresponde a la **Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos** debido a que, si el escurrimiento de una cierta cuenca es modificado el factor C o porcentaje de infiltración se rompe el ciclo hidrogeológico que permite almacenar agua suficiente en el subsuelo, creando un efecto domino en el ciclo hidrológico al descender niveles de escurrimientos, embalses y sistemas de extracción de agua subterránea para actividades antropogénicas, además de incrementar los escurrimientos superficiales ocasionando desbordamientos e inundaciones. El impacto que sigue en relevancia es **Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera**, porque al modificar escurrimientos naturales se rompen procesos afectando a población, flora y fauna de los escurrimientos aguas debajo de la cuenca alterando la estabilidad del ecosistema, el recurso debe ser racional y dotar las cantidades mínimas necesarias en cada aprovechamiento y mantener un equilibrio hidráulico en los embalses y acuíferos.

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

Estimado **Juan Carlos**, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

<b>Segmentación de efectos ambientales</b>	<b>Definición</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>1</b>
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>2</b>
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Las modificaciones en el flujo de agua no afectan solamente los sitios donde se desarrollan los proyectos, sino también el área de influencia por el cual esta fluye. Me ha tocado ver casos donde la modificación en el flujo de agua ha transformado completamente dos ecosistemas; en el primero, donde habitualmente fluía, se puede observar la disminución e incluso desaparición de algunas especies de plantas y animales; en la segunda, por donde fluye actualmente, he podido observar la formación de lagunas donde antes eran planicies.

La impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos tiene un efecto similar a lo establecido en el párrafo anterior, no obstante, si nos enfocamos solo en la capacidad de recarga que tienen los acuíferos, debemos considerar que la demanda de agua no reduciría con el tiempo y si de alguna forma evitamos o reducimos su recarga, en un futuro cercano se empezará a hablar también de sobreexplotación.

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

Estimado **Rogelio**, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

<b>Segmentación de efectos ambientales</b>	<b>Definición</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>1</b>
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>2</b>
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

(1) Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera. Este efecto tiene consecuencias drásticas al entorno del proyecto y a los ecosistemas “aguas abajo”, toda vez que las modificaciones ocasionadas a los flujos hidráulicos (superficiales o subterráneos) afectan las actividades económicas de las regiones que dependan de los recursos hidráulicos

(2) Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos. Los impactos ambientales de un proyecto que vea modificado el sitio por actividades de impermeabilización, se pueden llegar a considerar impactos puntuales, lo cual es un indicativo de que la recarga de los acuíferos se verá modificados exclusivamente en dicho sitio. De esta manera, las actividades que comprendan el uso de recursos hídricos se verán afectados de manera importante en el sitio.

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

Estimada \*\*, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

<b>Segmentación de efectos ambientales</b>	<b>Definición</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	<b>1</b>
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>2</b>
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

**Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

Considero de mayor importancia la clase de impactos ambientales 2 y 3 porque al realizar una extracción desmedida de agua y la impermeabilización de las áreas de recarga de los acuíferos se causan efectos ambientales significativos permanentes al recurso agua que amenazan el equilibrio ecológico y la continuidad de las actividades productivas, en comparación con los impactos ambientales de clase 1 y 4 que si bien, se refieren a modificar el flujo y la calidad del agua, estos se consideran como temporales y reversibles.

**¡Gracias por su participación!**



## ENCUESTA A EXPERTOS

Estimada **Juliette**, antes que nada, quisiera expresar mi gratitud por su tiempo empleado y dedicación en las respuestas de la encuesta anterior, su contribución ha sido muy importante para este trabajo de investigación; sin embargo, quisiera solicitar amablemente su apoyo para una última etapa que consta de una única pregunta:

**INSTRUCCIONES: Seleccione las 2 (DOS) clases de Impactos Ambientales más importantes de acuerdo con su experiencia, indicando la JERARQUÍA en el espacio en blanco con el número 1 para la de mayor importancia, o con el número 2 para la segunda en importancia.**

<b>Segmentación de efectos ambientales</b>	<b>Definición</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Clase 1</b>	Modificaciones en el flujo de agua superficial, subterránea y efecto barrera.	<b>1</b>
<b>Clase 2</b>	Extracción desmedida de agua para consumo humano y realización de actividades.	
<b>Clase 3</b>	Impermeabilización de las áreas de recarga de acuíferos.	<b>2</b>
<b>Clase 4</b>	Cambios en la calidad del agua debido a deslaves, azolves, etc.	

### **Justifique su respuesta de acuerdo con su experiencia:**

(1) Para la construcción de una carretera el mayor impacto se ve reflejado en la cubierta de suelo a lo largo del trazo de la carretera, generándose el efecto barrera y el impedimento de la filtración del agua a la capa superficial del suelo y los mantos freáticos, sin embargo, las carreteras deben diseñarse con sus obras de drenaje y subdrenaje, las cuales aparte de cumplir con el objetivo de desviar y drenar el agua pluvial, durante una lluvia, para evitar accidentes y desviar el agua hacia los canales adyacentes a la carretera y descargar en zonas destinadas para ello las cuales finalmente llegan se infiltran en el subsuelo y vuelven a recargar los acuíferos. Ahora si en el trazo de nuestra carretera nos encontramos con un cauce o cuerpo de agua es aquí donde sucede la mayor afectación por modificación del flujo de agua superficial, ya que para esto se deberán construir otro tipo de obras de ingeniería, para poder continuar con el trazo de la carretera y en estos casos se debe modificar el flujo de la corriente. Lo cual provocaría una serie de impactos más significativos o adversos.

(2) Como lo explique en el párrafo anterior durante el trazo del proyecto carretero, el cual implica una superficie lineal, se afecta el proceso de filtración de agua de manera natural hacia el subsuelo en el área ocupada por la carretera, sin embargo, mediante las obras de drenaje que se construyen para este tipo de obra al final logra descargar al subsuelo y recargar los mantos freáticos.

**¡Gracias por su participación!**