

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables”.

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Análisis comparativo entre el Método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación de impactos ambientales en la intervención de vías principales urbanas

Lianna Mayerly Martínez Montagut

Trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la Construcción

Director:

Raúl Di Marco M.

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura Facultad de Arquitectura

Especialización en interventoría y supervisión de la construcción

2020

Dedicatoria

Dedico esta monografía principalmente a Dios y a la virgen por haber alcanzando esta meta y permitirme el haber llegado culminar mi especialización tan importante de mi formación profesional, a mis padres José Javier y Genny quienes con su cariño, amor y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, por sus consejos y gran esfuerzo que hacen por mi cada día, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Ingrid Johanna y Javier Alexander por su amor y apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento gracias. A mi familia porque con sus consejos hicieron de mi cada día una mejor persona.

Agradecimientos

La autora expresa sus agradecimientos a:

La Universidad Santo Tomas de Bucaramanga, a toda la Facultad de Arquitectura, a mis profesores, en especial a la Ing. Andrea Chaparro, quien con su enseñanza me brindó su conocimiento que me hicieron crecer día a día como profesional.

A cada uno de mis profesores que hicieron parte de este postgrado (Especialización Interventoría y Supervisión de la Construcción), por su dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente, quiero darle mi más sincero agradecimiento al Ing. Raúl Di Marco, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Contenido

	pág.
Introducción	12
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo general	15
1.2 Objetivo específicos	15
2. Marco Referencial	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Marco Teórico	21
2.2.1 Métodos de evaluación de impactos ambientales	21
2.2.2 Método Leopold	22
2.2.3 Método EPM o Arboleda	27
2.3 Marco Conceptual	32
2.4 Marco Legal	37
3. Método	39
3.1 Tipo de Investigación	39
3.2 Población y Muestra	39
3.3 Técnicas de Recolección de Información	40
3.3.1 Fuentes primarias	40
3.3.2 Fuentes secundarias	40
4. Resultados	42

4.1 Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) de la Intervención de Vial	42
4.1.1 Identificación de la vía sujeta a intervención de obra	42
4.1.1.1 <i>Ubicación de la vía</i>	42
4.1.1.2 <i>Actividades de intervención</i>	43
4.1.2 Identificación de actividades susceptibles de producir impacto (ASPI) de la intervención vial	44
4.1.3 Aspectos ambientales	48
4.1.4 Impactos ambientales del proyecto vial	48
4.2 Diferencias y Similitudes entre el Método Leopold y el EPM-Arboleda	49
4.2.1 Aplicación del Método Leopold	54
4.2.2 Aplicación del Método EPM-Arboleda	54
4.2.3 Descripción de las diferencias y similitudes entre el método Leopold y el EPM-Arboleda	66
4.3 Comparación de los Resultados de la Aplicación del Método Leopold y el EPM-Arboleda en la Identificación de Impactos Ambientales	68
4.3.1 Análisis de resultados del Método Leopold	68
4.3.2 Análisis de resultados del método EPM Arboleda	70
5. Conclusiones	72
Referencias Bibliográficas	74
Apéndices	77

Lista de Figuras

	pág.
<i>Figura 1.</i> Metodología para la aplicación del método Leopold	24
<i>Figura 2.</i> Evaluación de la magnitud e importancia en cada celda de la matriz Leopold	26
<i>Figura 3.</i> Rangos para la calificación de criterios del método Arboleda	30
<i>Figura 4.</i> Interpretación de la calificación ambiental del impacto	31
<i>Figura 5.</i> Procedimiento de recolección y análisis de datos	41
<i>Figura 6.</i> Descripción del trazado de la vía Las Palmas, Medellín	43
<i>Figura 7.</i> Valoración de la vía en la dimensión física por método Leopold y EPM Arboleda	50
<i>Figura 8.</i> Valoración de la vía en la dimensión biótica por método Leopold y EPM Arboleda	51
<i>Figura 9.</i> Valoración de la vía en la dimensión socioeconómica-cultural por método Leopold y EPM Arboleda	52
<i>Figura 10.</i> Aplicación de la matriz Leopold para el proyecto de intervención vial	55
<i>Figura 11.</i> Categorías ambientales de los proyectos	71

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. <i>Acciones para hacer las identificación de las ASPI en proyectos viales</i>	45
Tabla 2. <i>Observación de las ASPI en la visita de campo para hacer la evaluación de aspectos ambientales</i>	47
Tabla 3. <i>Aplicación de la matriz EMP Arboleda para el proyecto de intervención vial</i>	56
Tabla 4. <i>Descripción de las diferencias y similitudes entre el método Leopold y el EPM-Arboleda</i>	66
Tabla 5. <i>Clasificación de las interacciones con mayor calificación, teniendo en cuenta el tipo de actividad y los efectos sobre el medio ambiente</i>	69
Tabla 6. <i>Aplicación de los cálculos de la ecuación de ponderación</i>	71

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Identificación de los aspectos ambientales del proyecto de intervención vial	77
Apéndice B. Matriz de aspectos ambientales	96
Apéndice C. Aplicación de la matriz Leopold	100

Resumen

Este proyecto tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo entre el método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación y valoración de impactos ambientales en la intervención de vías principales urbanas. La muestra seleccionada por conveniencia estuvo conformada por un tramo de 3 Km lineales de avenida Las Palmas que se encuentra ubicada en la ciudad de Medellín, la cual estuvo sujeta a obras de rehabilitación durante el año 2018 y 2019. Se determinaron las Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) que pueden generar las obras de intervención de la vía mencionada. A partir de esta información, se desarrollaron las matrices de Leopold y EPM-Arboleda y se compararon sus resultados como parte del proceso de evaluación ambiental que requieren los proyectos de infraestructura vial a nivel urbano. Se concluyó que en la realización de obras de rehabilitación vial en zonas urbanas el método EPM Arboleda es más apropiado porque permite medir la evolución del impacto en el tiempo y por lo tanto, se hace un análisis más completo sobre las afectaciones que puede sufrir el entorno durante el proyecto.

Palabras Clave: Método Leopold, Método EPM-Arboleda, Impacto Ambiental, Vía urbana.

Abstract

This project aimed to carry out a comparative analysis between the Leopold method and the EPM-Arboleda for the identification and assessment of environmental impacts in the intervention of main urban roads. The sample was selected for convenience to take a section of 3 linear kilometers of Las Palmas avenue that is located in the city of Medellín and that was subject to rehabilitation works during the year 2018 and 2019. In the results the Activities of the Project Susceptible to Produce Impact (ASPI) that can generate the intervention works of the mentioned route. Based on this information, the Leopold and EPM-Arboleda matrices were developed to determine the differences and similarities between the two methodologies. Finally, the results of the application of the Leopold method and the EPM-Arboleda were compared as part of the environmental evaluation process required by urban infrastructure projects at the urban level. It was concluded that when carrying out road rehabilitation work in urban areas, the EPM Arboleda method is more appropriate because it allows measuring the evolution of the impact over time and, therefore, a more complete analysis of the effects than the environment is carried out. environment may suffer during the project.

Keywords: Leopold Method, EPM-Grove Method, Environmental Impact, Urban Road.

Introducción

Los proyectos constructivos que se realizan en la infraestructura de vías y carreteras producen diferentes efectos sobre el medio ambiente, por lo que deben ser sujetos a un análisis de impacto ambiental, con la finalidad de identificar los impactos potenciales de las obras que se van a ejecutar y que pueden afectar las condiciones naturales del entorno. Inclusive para vías que ya han sido construidas se establecen unas obras para mantener óptimas las condiciones de la estructura y el funcionamiento de acuerdo al diseño inicial. El mantenimiento incluye actividades preventivas, de trabajos rutinarios, correctivo y reconstrucción. En esta etapa de intervención de las vías se requieren dos actividades principales, por un lado las relacionadas con la conservación, bacheo, riego de sello, limpieza y desazolve de cunetas, limpieza y los relacionados con arreglos en los elementos de señalización vertical y para las marcas de pavimento.

De acuerdo a lo anterior, es importante realizar una evaluación del impacto ambiental por medio de procedimientos confiables que se deben realizar por parte de las autoridades respectivas, de manera que se puedan identificar las condiciones y el grado de afectación de las obras sobre el medio ambiente. En este sentido, en la ciudad de Medellín se maneja el Plan de Acción Socioambiental en Obra (PASAO) que debe ser presentado por los contratistas encargados de las obras de fresado, repavimentación y complementarias, con la finalidad de prevenir, atenuar y mitigar los impactos ambientales.

Este plan de acción PASAO se basa en la aplicación del Decreto 1382 de 2014, el cual establece la obligatoriedad de la Guía de Manejo Socioambiental, que a su vez plantea la identificación de Actividades Susceptibles de Producir Impactos (ASPI) y la elaboración de una

matriz de aspectos ambientales, ya sea a partir del método EPM-Arboleda o el Conesa simplificado (debido a la complejidad del modelo). Sin embargo, se tiene en cuenta que la Alcaldía de Medellín (2013) determinó en la guía de manejo socioambiental para la construcción de obras de infraestructura pública que “independientemente de la metodología empleada, los impactos obtienen valoraciones muy similares, debido a la equivalencia entre los criterios” (p.27), motivo por el cual, fue necesario realizar un contraste con otro modelo de similar complejidad como lo es el Leopold, con la finalidad de comparar la funcionalidad y adecuación para la construcción y mantenimiento de vías que sea útil para la gestión ambiental en este ámbito de la ingeniería civil.

De acuerdo a lo anterior, se formula la pregunta de investigación sobre ¿Cuál es la diferencia entre el método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación de impactos ambientales en la intervención de vías principales urbanas?

Esta pregunta problema estuvo soportada en las diferentes metodologías que se han adoptado en Colombia para la identificación de impactos ambientales en el área de la ingeniería civil, como son Leopold, EPM Arboleda y el Ad-Hoc, tal es el caso que algunos autores como Barrera, Soto & Pérez (2018) han realizado estudios sobre cuáles son los de mayor aplicación en las diferentes obras, proyectos y actividades en el subsector vial, mientras que otros estudios como el de Arboleda (2008), establecen guías para realizar este tipo de evaluaciones ambientales.

A pesar de esto, estudios como los de Barrera, et al. (2018) y Arboleda (2008) han desarrollado análisis comparativos a nivel documental y teórico, mientras que otros con enfoques prácticos realizan alguna evaluación de impacto ambiental in situ con un método específico, pero no se utilizan contrastes entre resultados de EIA. Por tal razón, no se habían establecido

condiciones específicas de funcionalidad y conveniencia entre una u otra metodología para algún tipo de vía en particular.

Por lo tanto, se planteó realizar una investigación donde se aplicaron dos metodologías diferentes en un tipo de vía en particular, con la finalidad de establecer los aportes y limitaciones de cada una, en función de las características que presentan las vías principales urbanas y donde normalmente se desestiman sus impactos ambientales, sin considerar los efectos que pueden generar daño ecológico o sobrepasar los parámetros y las condiciones aceptables en las disposiciones legales vigentes.

A nivel práctico, las obras de ingeniería civil traen consigo una serie de impactos en el medio ambiente, los cuales en su mayoría son negativos y deben ser identificados apropiadamente para que en el desarrollo de las diferentes fases constructivas se cuente con las medidas apropiadas que permitan su mitigación. Siendo así, fue importante identificar metodologías apropiadas que permitirán a los responsables de la ejecución de proyectos viales medir los impactos que se presentan en las obras de mantenimiento e intervención.

Finalmente, en los resultados se compararon dos metodologías de evaluación de impacto ambiental en una vía principal urbana, teniendo en cuenta que se documentos como la guía de impacto socio ambiental de la Alcaldía de Medellín (2013) recomiendan aplicar métodos complementarios que permitan medir adecuadamente los aspectos ambientales en actividades como fresado, repavimentación y otras obras complementarias en vías urbanas principales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre el método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación de impactos ambientales en la intervención de vías principales urbanas.

1.2 Objetivo específicos

Determinar las Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) que se aplican en la intervención de vías principales urbanas.

Identificar las diferencias y similitudes entre el método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación de impactos ambientales.

Comparar los resultados de la aplicación del método Leopold y el EPM-Arboleda en la identificación de impactos ambientales de una vía urbana principal.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto se consultaron diferentes investigaciones relacionadas con el análisis y utilización de métodos de evaluación de impacto ambiental en las obras de infraestructura vial, tanto a nivel internacional como dentro del país, para lo cual se tuvieron en cuenta diferentes estudios publicados en revistas indexadas, bases de datos académicas y repositorios de diferentes universidades.

Internacional:

A nivel internacional se tomó como referencia el estudio desarrollado por Ponce (2017) en Estados Unidos, titulado “The Leopold matrix for evaluating environmental impact” para aplicar el método Leopold en la evaluación de impacto ambiental. En general este trabajo presenta la matriz de Leopold, como un proceso para hacer la evaluación del efecto o impacto de las actividades constructivas en el medio ambiente y, por lo tanto, para la evaluación de sus beneficios y costos ecológicos, teniendo en cuenta la metodología de Leopold, Clarke, Hanshaw & Balsley (1971).

En este estudio se cuenta con una explicación conceptual sobre la matriz de Leopold que fue diseñada en 1971 en coherencia con la Ley de Política Ambiental del año 1969. Este método suministra un sistema para el análisis y la ponderación numérica de los impactos probables. Se consideró que este análisis no genera una calificación cuantitativa global, sino que representa diferentes juicios de valor de quien la aplica. La metodología se basa en medir el impacto de las acciones dentro de la planificación de un proyecto.

Como resultado, Ponce (2017) comprobó que la matriz de Leopold proporciona una forma sencilla de resumir y clasificar los impactos ambientales, y de centrarse en los que se consideran más importantes. La ventaja del formato de la matriz es la organización completa de acciones, factores e impactos relacionados. El aporte de este proyecto se basó en la identificación del listo de acciones y actividades que integran la matriz y que permite que la asignación de la magnitud se base en información objetiva, aunque se tiene en cuenta que la asignación de la importancia puede dejar espacio para la valoración subjetiva del evaluador.

Por su parte, Mora, Molina & Sibaja (2016) desarrollaron un estudio en Costa Rica titulado “Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de

edificaciones universitarias”, en el cual se tuvieron en cuenta los impactos potenciales que representan los proyectos de infraestructura. Se tuvo en cuenta que la evaluación ambiental de un proyecto constructivo se puede trabajar con diferentes técnicas que tienen mayor o menor grado de detalle, aunque también se tuvo como referencia el formulario ambiental SETENA que es la utilizada por la Secretaría Técnica Ambiental.

Esta investigación consistió en la organización y valoración de los niveles de significancia que arrojó el impacto ambiental de 17 proyectos desarrollados en un periodo determinado bajo la matriz de Leopold, calculando la relación entre la cantidad de aspectos ambientales y el efecto en el resultado final de la significancia ambiental. En los resultados se determinó que de 31 categorías ambientales evaluadas en cada proyecto, 23 tuvieron valores significativos en la medición del impacto ambiental. Esto se tomó como referencia para hacer la valoración por categorías del método de Leopold, lo que facilitó el ejercicio comparativo para determinar las diferencias y similitudes con el método EPM-Arboleda, en cuanto a la identificación de impactos ambientales.

En Venezuela, Gil, Siso & Jaramillo (2015) realizaron un estudio titulado “Implicaciones Espaciales por la Construcción de la Autopista Regional del Sur en el Eje la Victoria – San Sebastián de los Reyes, Estado Aragua, Venezuela”, en vista a las obras de infraestructura que se venían ejecutando en la región y requerían de evaluaciones en temas ambientales por la degradación de los suelos, los daños en la capa vegetal, en los afluentes de agua y por la evidente disminución de fauna. Por tal motivo, en los resultados se presentó la valoración de los impactos ambientales aplicando la matriz de Leopold y el método de sensibilidad ambiental para definir los posibles impactos, riesgos asociados, intensidad del efecto, la posible extensión de los daños y el nivel de reversibilidad de los efectos negativos.

Este proyecto sirvió como referente para identificar los aspectos ambientales que son sujetos de evaluación en las obras de construcción viales y que se tuvieron en cuenta para hacer la aplicación del método Leopold y el EPM-Arboleda para identificar los impactos ambientales en una vía urbana principal. Dentro de los principales se contaron la mala disposición de desechos, el daño en la vegetación por incendios y la afectación a la fauna y flora a lo largo del eje vial.

En Chile, Rodrigo (2003) desarrolló un estudio titulado “Perspectiva ambiental de las vías de comunicación y transporte terrestres”, con la finalidad de evaluar la importancia que se daba a los daños provocados por la construcción de vías como autopistas y carreteras. Para esto, se demostró que el concepto de gestión ambiental ha venido incorporándose en la ingeniería civil como una herramienta metodológica para orientar la toma de decisiones durante la planificación y operación de proyectos viales.

Por tal motivo, resaltó la importancia de contar con una unidad de gestión ambiental por los constructores para hacer los estudios de impacto ambiental requeridos en cada caso, por lo que fue siendo incorporado como requisito dentro de las licitaciones, que resulta siendo una variable importante en las diferentes etapas constructivas. A partir de este estudio, se lograron identificar medidas que pueden ser integradas a un proyecto de ingeniería en la etapa de diseño, como son modificaciones en los trazados de la vía o en el emplazamiento de puentes y hasta cambios técnicos en los cálculos; mientras que en la etapa de construcción se consideró la unificación de criterios para hacer la evaluación y el seguimiento ambiental, para tomar medidas adicionales de control y para elaborar planes de manejo y monitoreo.

Nacional y regional:

A nivel nacional, se contó con el estudio de Arboleda (2008), titulado “Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades”, que fue desarrollado por un docente y

profesional con más de 30 años de experiencia en el tema, como documento de consulta para la indagación, revisión y selección de diferentes métodos aplicables en el área de la ingeniería civil.

Este estudio se basó en revisión bibliográfica y en el análisis de diferentes estudios de caso, que se tomaron como referencia para identificar los diferentes métodos de impactos ambientales según la integración proyecto-ambiente, así como el uso de métodos matriciales y el proceso de valoración de impactos. Igualmente, fue importante para diferenciar con claridad las diferencias entre los métodos directos e indirectos para hacer las evaluaciones de impacto ambiental.

Los métodos directos evalúan específicamente los impactos ambientales identificados en una obra, mientras que los indirectos no evalúan explícitamente el impacto ambiental, sino que se enfocan en la valoración de las consecuencias ambientales de la intervención basadas en la interacción proyecto-ambiente. Entre los métodos directos se analizó el método EPM o Arboleda y en el indirecto se revisó el método Leopold, aunque existen otros como el Battelle y las Isitas de chequeo que tienen metodología similar.

De manera similar, Barrera, Soto & Pérez (2018), realizaron un estudio titulado “Análisis comparativo de los métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia”, el cual se basó en una investigación documental de la estructura y aplicación de las metodologías más usadas en Colombia para el año 2014, entre las que se tuvieron en cuenta el método de Leopold, el Arboleda y el método Ad-Hoc, teniendo en cuenta las afectaciones que se vienen presentando en el ambiente por la fragmentación del paisaje y la concurrencia de varios impactos.

En los resultados se revisaron 20 estudios de impacto ambiental que fueron aplicados en diferentes proyectos viales que tuvieron licencia ambiental durante el año 2014. Se determinó que 17 estudios ambientales, que corresponden el 85% fueron elaborados por el mismo grupo

consultor, lo que sugiere un sesgo hacia el método que utiliza el consultor, teniendo en cuenta que los EIA se han convertido en un requisito de trámite más para licitar proyectos viales. De este proyecto se tuvo en cuenta que métodos como el Mc Harg (1968) y el Leopold (1971) son usados frecuentemente en Colombia, lo que demuestra la carencia de conocimiento de los consultores ambientales para utilizar o integrar nuevas metodologías de evaluación.

En el caso de Arroyave, Gómez, Gutiérrez, Múnera, Zapata, Vergara, et al. (2006), realizaron un estudio titulado “Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo”, con el objetivo de determinar el efecto de los proyectos viales sobre la fauna, al igual que la aplicabilidad de los controles que se toman. Para esto, se analizaron diferentes estudios a nivel internacional, nacional y en el departamento de Antioquia, lo cual permitió determinar que las afectaciones más relevantes son arrollamiento de animales, aislamiento de ecosistemas y cambio en la conducta reproductiva de ciertas especies.

Se determinó que a pesar de contarse con diferentes medidas de manejo de mitigación del impacto en la fauna, impulsada por países Alemania, Suiza, Francia y Países Bajos, en Colombia no se utilizan los mecanismos suficientes, tanto por la inversión económica que requiere como por el desinterés en el seguimiento. Este proyecto se tomó como referencia para identificar los impactos ambientales específicos de la construcción de carreteras en la fauna, así como para hacer la identificación de las medidas que se toman y que deben ir mas allá de la compensación, que se limita a la siembra de arboles y plantas.

De forma similar a lo anterior, Vilorio, Cadavid & Awad (2018), desarrollaron un estudio titulado “Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia”, teniendo en cuenta que estos estudios requieren de herramientas estandarizadas pero que en Colombia poco se ha avanzado en el fortalecimiento de modelos de referencia de estudios

ambientales y se presenta con frecuencia poca calidad en los resultados y las medidas de mitigación.

En los resultados se determinó que el uso de algunas metodologías se ve limitado por la valoración del profesional en cuestión y de la complejidad de algunas escalas que por ser cualitativas no ofrecen la claridad o pertinencia adecuada. Este proyecto fue un importante referente porque presentó un referente metodológico para hacer un análisis del impacto ambiental con características específicas en proyectos de infraestructura, teniendo en cuenta las etapas constructivas y requerimientos técnico del contexto colombianos. Este aporte es una aproximación al logro de mejores estándares de valoración de impacto ambiental que tengan menos sesgo y sea más acertado a las condiciones del ambiente que se va a intervenir por los proyectos viales.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Métodos de evaluación de impactos ambientales. Teniendo en cuenta que la evaluación de impacto ambiental es obtener una medida relativa a los impactos identificados para definir la prioridad de intervención, se utilizan diferentes métodos de priorización por medio del análisis que se hace del impacto. Existen unas variables relacionadas con el efecto del cambio, pero también otras relacionadas por la percepción que la comunidad afectada da a este mismo cambio. Siempre es más fácil medir las primeras variables de forma científica, por lo que en las segundas se requiere hacer juicios de valor que poder ser subjetivos. Por esta razón se cuenta con dos métodos de evaluación, entre los que se cuentan los directos y los indirectos (Arboleda, 2008).

Métodos directos: Se enfocan en valorar directamente cada uno de los impactos ambientales que se logran identificar en un contexto determinado. Dentro de los métodos directos más empleados se cuenta con el EPM o Arboleda, Método Conesa Simplificado y el Método Integral.

Métodos indirectos: Estos métodos no se enfocan en valorar de forma explícita un impacto ambiental, ya que más bien evalúa indirectamente los efectos ambientales que produce un cambio por medio de la calificación de las interacciones proyecto-ambiente. Dentro de estos métodos se cuenta con las listas de chequeo, el Leopold, el Battelle y otras técnicas matriciales.

Como ya se explicó al inicio del proyecto, el propósito de este estudio es comparar un método directo y uno indirecto, siendo el Arboleda y el Leopold, que son los más utilizados para hacer evaluaciones de impacto ambiental en proyectos de infraestructura vial.

2.2.2 Método Leopold. Este es un método que fue creado en Estados Unidos en el año de 1971 por el Dr. Luna Leopold como parte de un equipo de estudio de la entidad denominada U.S. Geological Survey, con la finalidad de hacer evaluaciones de impacto ambiental en proyectos geológicos y de construcción. La matriz de Leopold se fundamenta en la evaluación de las interacciones que existen entre el proyecto y el medio ambiente, pero sin denominar de forma específica cada impacto generado por dicha interacción.

En este sentido, el método Leopold no funciona como una lista de verificación de impactos, sino que utiliza una matriz basada en las metodologías matriciales que normalmente se emplea para la identificación de impactos. Originalmente esta matriz definió 100 diferentes acciones que pueden ocasionar impacto y 88 condiciones ambientales ya identificadas que se pueden presentar, por lo que se tienen 8.800 interacciones potenciales. No obstante, este método ha tenido diferentes adaptaciones para proyectos de construcción con acciones y factores específicos, que facilitan su aplicabilidad en diferentes tipos de obras de ingeniería (Arboleda,

2008).

Esta matriz puede ser considerada como una lista de control bidimensional. En una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación. (Universidad Nacional Rio Negro, 2016, p.20)

Los pasos para la aplicación del método Leopold incluyen la construcción de la matriz inicial, la identificación de las interacciones, la evaluación de cada interacción y el análisis de los resultados (ver figura 1). Se tienen en cuenta “las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI) y los factores ambientales susceptibles de recibir impacto (FARI)” (Universidad Nacional Rio Negro, 2016, p.22).

Para la utilización de la matriz primero se debe hacer la verificación de las interacciones existentes, por lo que se deben considerar los efectos del proyecto a ejecutar. Es recomendable utilizar una versión de la matriz más reducida, excluyendo los elementos que no tengan vínculo con el proyecto a evaluar. Luego, en cada una de las acciones se deben considerar todos los factores ambientales que pueden ser modificados de manera significativa mediante una línea diagonal en las celdas donde estas se interceptan (Consultora Ambiental Chile, 2017).

Los pasos a seguir son los siguientes:

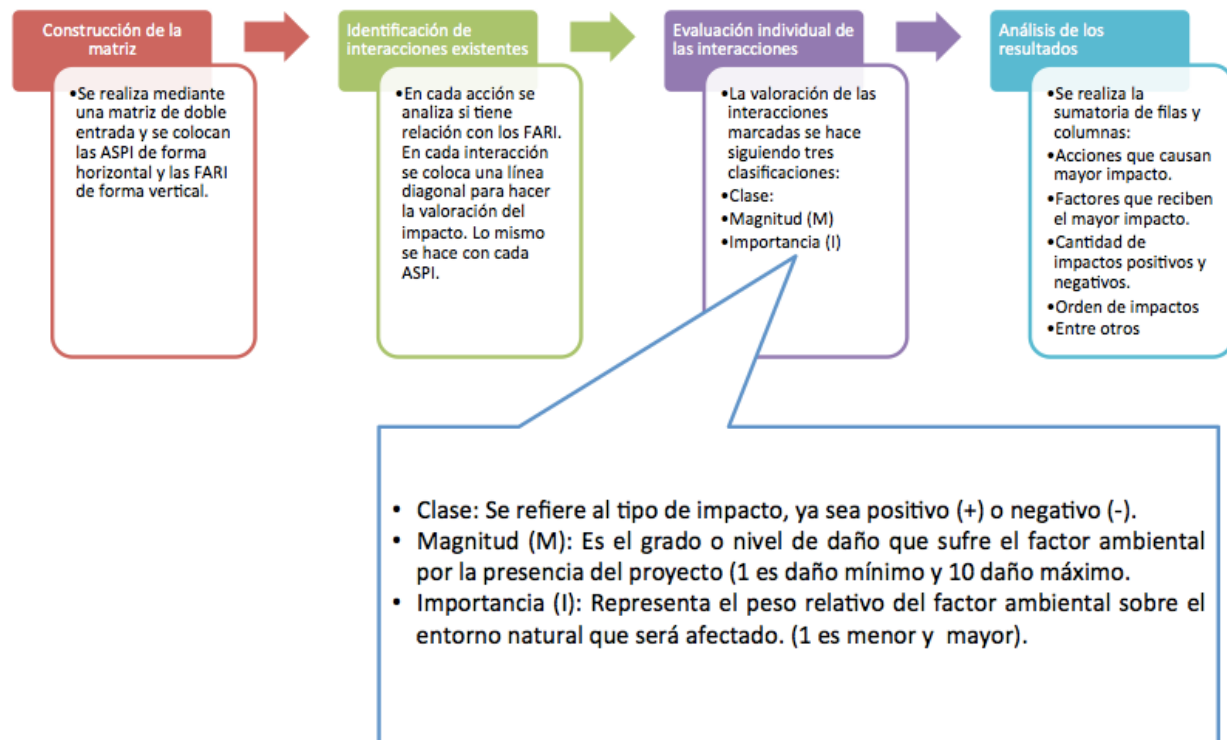


Figura 1. Metodología para la aplicación del método Leopold

Adaptado de Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, 132.

Luego de identificadas las interacciones para cada acción que se espera se presente por efecto del proyecto, se deben marcar las cuadrículas que representen los efectos analizados. En cada cuadrícula se pueden colocar dos valores, donde el primero es la magnitud y el segundo es la importancia. Es decir, para hacer la evaluación de las interacciones que es la tercera etapa del proceso señalado en la figura 1, se deben analizar los criterios para cada interacción marcada y estos resultados se señalan dentro de la celda que se está calculando de la siguiente manera: (+/-) M/I.

Magnitud: según un número de 1 a 10, en el que el 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado y 1 a la mínima. Importancia (ponderación): que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones. Los valores de magnitud van precedidos con un signo + o con un signo -, según se trate de efectos positivos o negativos sobre el medio ambiente. (Pinto, 2007, p.4).

Seguidamente, se desarrolla la etapa de análisis de resultados a partir de los datos obtenidos en la matriz (ver figura 2).

Teniendo en cuenta lo anterior, las principales ventajas que se destacan de este método es que su aplicación no requiere de instrumentos sofisticados de medición, lo cual proporciona al evaluador un panorama completo de las afectaciones del proyecto debido a la cantidad de acciones que ya tiene identificadas la matriz.

De otra parte, también es preciso señalar las desventajas de este modelo, las cuales se relacionan con la dificultad para determinar la temporalidad de los impactos, ya que serían necesarias varias matrices, pero la principal limitación a tener en cuenta es que la valoración de los impactos puede verse afectada por la subjetivamente y por el uso de pocos parámetros de análisis, no tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia del impacto, ni tampoco el efecto de condiciones extremas inmodificables (Arboleda, 2008).

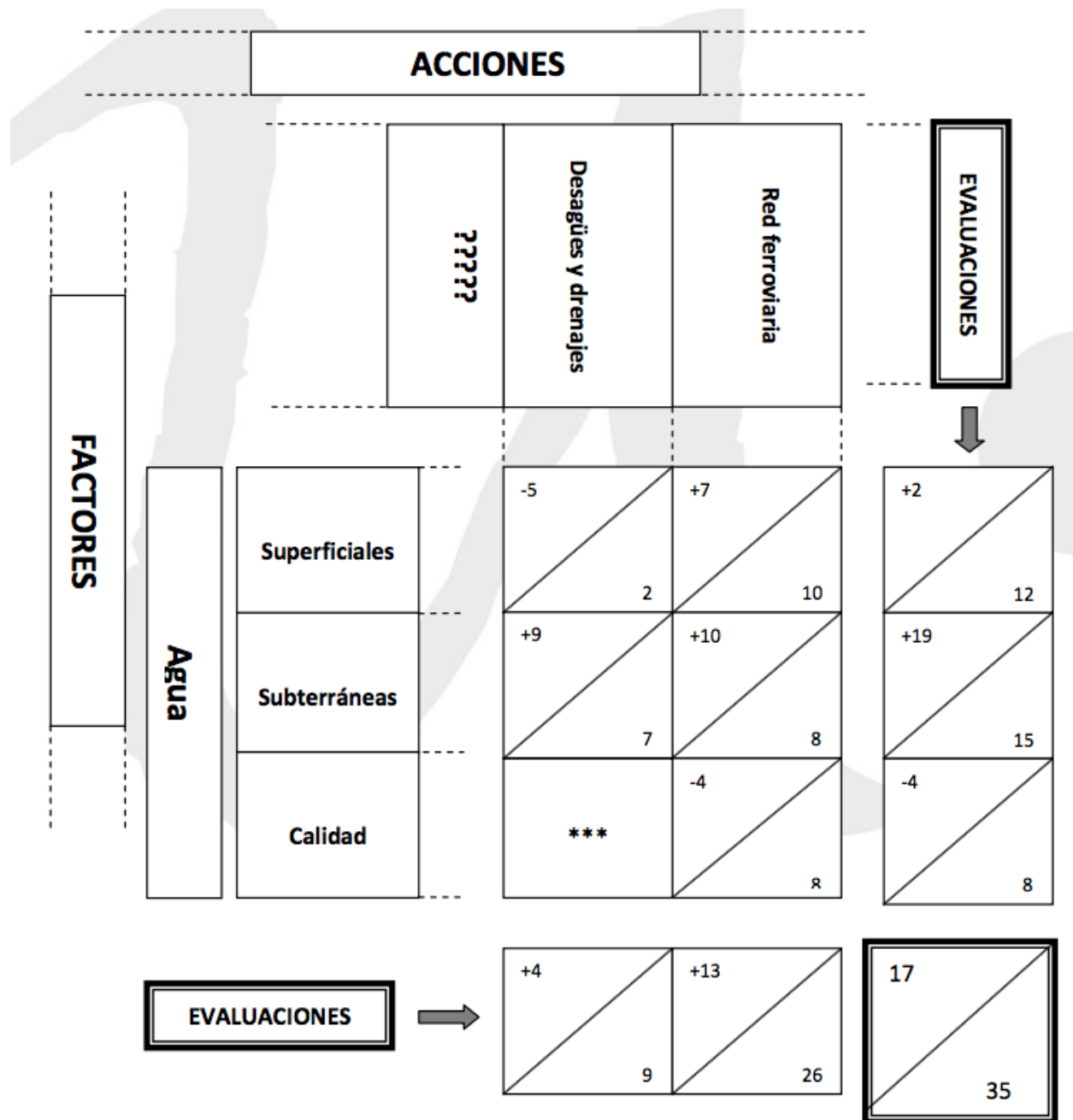


Figura 2. Evaluación de la magnitud e importancia en cada celda de la matriz Leopold

Adaptado de Universidad Nacional Rio Negro. (2013). Evaluación de impacto ambiental.

Buenos Aires: UNRN

2.2.3 Método EPM o Arboleda. Tal como se mencionó anteriormente, los métodos directos se basan en un procedimiento para identificar los impactos, donde los resultados son evaluados como parte de una lista de impactos para establecer la significancia. El método Arboleda lo desarrolló la Unidad de Planeación de Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín para el año 1986, cuya finalidad inicial fue evaluar los efectos ambientales de proyectos hidráulicos de la misma empresa, pero luego de ver su aplicabilidad fue adaptado a todo tipo de proyectos de la empresa, como también por parte de otras entidades y evaluadores que han visto los aportes de esta metodología. Por su trayectoria y rigor técnico diferentes entidades ambientales de Colombia lo han aprobado, como es la Alcaldía de Medellín (2014) para hacer el análisis socio-ambiental en obras de infraestructura pública, como también por otras organizaciones internacionales que evalúan proyectos de alta envergadura, como es el Banco Mundial y el BID (Arboleda, 2015).

Este método se basa en dos fases importantes, la primera es la obtención de los parámetros de evaluación y la segunda es calificación ambiental del impacto. La primer etapa requiere que cada impacto debe ser evaluado teniendo en cuenta unos parámetros o criterios específicos, los cuales se describen de la siguiente manera.

Primera fase: obtención de los parámetros de evaluación.

Clase (C): Es un criterio que sirve para definir el sentido de la alternación ambiental causada por la acción de un proyecto, pudiendo ser positivo (+, P) cuando mejora las condiciones ambientales o en su defecto, puede ser negativo (-, N) cuando se trata de una desmejora.

Presencia (P): Como en cualquier evento que aún no se realiza, se pueden presentar impactos con alta certeza de ocurrencia, pero hay otros que representan incertidumbre en el análisis. Por tal motivo, la P representa la posibilidad que tiene impacto para presentarse y se analiza como

una proporción de la probabilidad de que ocurra:

Cierta: cuando la probabilidad de ocurrencia del impacto es del 100% (la calificación es 1.0)

Muy probable: la probabilidad de ocurrencia del impacto es de 70 y 100 % (la calificación es entre 0.7 y 0.99)

Probable: cuando la probabilidad de ocurrencia del impacto está entre 40 y 70 % (0.4 y 0.69)

Poco probable: cuando la probabilidad que ocurra el impacto está entre 20 y 40 % (0.2 y 0.39)

Muy poco probable: cuando la probabilidad que ocurra el impacto es menor a 20 % (0.01 y 0.19)

Duración (D): Se utiliza para evaluar el período en que el impacto estará presente, “desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado. Se debe evaluar en forma independiente de las posibilidades de reversibilidad o manejo que tenga el impacto” (Arboleda, 2008, p.85). Este criterio se integra a la matriz como una función de tiempo, teniendo en cuenta:

Muy larga o permanente: cuando el impacto tiene una duración mayor a 10 años (la calificación es 1.0)

Larga: cuando el impacto tiene una duración entre 7 y 10 años (0.7 – 0.99)

Media: cuando el impacto tiene una duración entre 4 y 7 años (0.4 y 0.69)

Corta: cuando el impacto tiene una duración entre 1 y 4 años (0.2 y 0.39)

Muy corta: cuando el impacto tiene una duración menor a 1 año (0.01 y 0.19)

Evolución (E): Es un criterio utilizado para medir la rapidez con que el impacto se manifiesta o afecta el entorno. Determina la velocidad en que se despliega luego que se presentan las primeras manifestaciones hasta que se presentan los efectos plenamente. Proporciona elementos de análisis sobre la manera en que se debe manejar o controlar dentro del proyecto. Las

consideraciones de valoración son:

Muy rápida: cuando en menos de 1 mes el impacto logra sus máximas consecuencias (se califica con 1.0)

Rápida: cuando entre 1 y 12 meses el impacto logra sus máximas consecuencias (0.7 – 0.99)

Media: cuando entre 12 y 18 meses el impacto logra sus máximas consecuencias (0.4 y 0.69)

Lenta: cuando entre 18 y 24 meses el impacto logra sus máximas consecuencias (0.2 y 0.39)

Muy lenta: cuando en más de 24 meses el impacto logra sus máximas consecuencias (0.01 y 0.19)

Magnitud (M): Se utiliza para calificar la magnitud del cambio que sufrirá el factor ambiental como efecto de la intervención. Para hacer la valoración se utiliza un porcentaje de afectación de cada factor. Se tiene en cuenta lo siguiente:

Muy alta: cuando el factor tiene una afectación mayor al 80%, donde se destruye o cambia casi totalmente (se califica con 1.0)

Alta: cuando el factor tiene una afectación entre 60% y 80%, donde la alteración es parcial del factor analizado (la calificación es 0.7 – 0.99)

Media: cuando el factor tiene una afectación entre 40% y 60%, donde la afectación es media en el factor analizado (0.4 y 0.69)

Baja: cuando el factor tiene una afectación entre 20 y 40 %, donde la afectación es baja (0.2 y 0.39)

Muy baja: cuando el factor tiene una afectaciones mínimas, menores al 20 % (se califica con 0.01 y 0.19).

Para definir la magnitud relativa (Mr) el método Arboleda explica que se pueden tener en cuenta las siguientes consideraciones: 1) Comparar la situación del factor analizado en

condiciones normales, que es la condición ambiental sin presencia del proyecto, frente a la situación del mismo factor con presencia del proyecto (condición ambiental con proyecto). 2) Utilizar funciones de transformación ambiental, donde se pueden estimar los elementos ambientales y la afectación que produce el proyecto. En la siguiente figura se resumen los rangos que se emplean en el método Arboleda para hacer la calificación de los criterios mencionados anteriormente (ver figura 3).

PRESENCIA	DURACIÓN	EVOLUCIÓN	MAGNITUD	PUNTAJE
Cierta	Muy larga o permanente (> 10 años)	Muy rápida (< 1mes)	Muy alta (Mr> a 80%)	1.0
Muy probable	Larga (> 7 años y < 10 años)	Rápida (> 1 mes y < 12 meses)	Alta (> 60 %y < 80 %)	0.7<0.99
Probable	Media (> 4 años y < 7 años)	Media (> 12 meses y < 18 meses)	Media (> 40 % y < 60 %)	0.4<0.69
Poco Probable	Corta (> 1 años y < 4 año)	Lenta (> 18 meses y < 24 meses)	Baja (> 20 % y < 40 %)	0.2<0.39
No probable	Muy corta (< 1 año)	Muy lenta (> 24 meses)	Muy baja (< 19%)	0.01<0.19

Figura 3. Rangos para la calificación de criterios del método Arboleda

Adaptado de Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, 132.

Con el valor numérico del puntaje se obtiene la expresión del impacto que fue valorado (muy alta, alta, media, baja y muy baja) y que corresponde a unos rangos específicos (Arboleda, 2008).

Segunda fase: calificación ambiental del impacto.

En el método Arboleda la calificación ambiental se expresa como Ca y representa la acción resultante de los criterios que fueron valorados y representan la gravedad o el grado de afectación esperado. Para obtener dicha calificación se aplica una ecuación que determina la dependencia entre los cinco criterios de la primera fase y el resultado.

$$Ca = C (P[ExM+D]),$$

Donde:

Ca= Calificación ambiental

C= Clase

P= Presencia

E= Evolución

M= Magnitud

D= Duración

No obstante, esta ecuación debe ser balanceada para que los resultados sean comparables con otras metodologías, teniendo en cuenta que el resultado de los criterios tiene un peso relativo a la ecuación. Por tal motivo, se incorporan dos constantes a la ecuación para equilibrar el peso relativo de los criterios: $a = 7.0$ y $b = 3.0$ y la ecuación definitiva para hacer la calificación ambiental es:

$$Ca = C (P[axEM+bxD]), \text{ reemplazando } a \text{ y } b \text{ sería: } Ca = C (P[7.0xEM+3.0xD])$$

El resultado de cada criterio es entonces un valor absoluto mayor a cero e inferior a 10, lo cual se interpreta de acuerdo a una expresión, tal como se muestra (ver figura 4):

CALIFICACIÓN AMBIENTAL (puntos)	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante
$>2.5 \text{ y } \leq 5.0$	Moderadamente significativo o moderado
$> 5.0 \text{ y } \leq 7.5$	Significativo o relevante
> 7.5	Muy significativo o grave

Figura 4. Interpretación de la calificación ambiental del impacto

Adaptado de Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, 132.

Finalmente, al igual que en el método indirecto, se tuvieron en cuenta las ventajas y desventajas de la herramienta Arboleda para facilitar el análisis y los argumentos comparativos. Entre las ventajas se cuenta con la facilidad de aplicarlo en diferentes proyectos, se puede usar con varios niveles de información, permite modificaciones y se puede utilizar tanto para la identificación, como también para la evaluación de los impactos. Entre las desventajas está que no integra la temporalidad de los impactos, es necesario utilizar una memoria explicativa y cuenta con cierto nivel de subjetividad en la valoración de los componentes (Arboleda, 2015).

2.3 Marco Conceptual

Identificación y evaluación de los impactos ambientales: se trata de una actividad fundamental de la evaluación de impactos ambientales, puesto que es donde se integra la información que resulta de la caracterización de las acciones (ASPI) y de la realizada en el ambiente (FARI), lo cual sirve para:

Identificar los impactos ambientales que puede generar el proyecto sobre el ambiente donde se insertará. Determinar la relación causa-efecto o sea el análisis de las razones que permiten explicar dicho impacto y estimar o valorar la significancia de las modificaciones ocasionadas. Analizar las causas y las consecuencias de los impactos con el fin de proponer las soluciones o acciones para el manejo de los mismos. (Arboleda, 2015, p.2)

A pesar de la claridad del concepto, en la práctica esta es una actividad de alta complejidad, debido a las condiciones del ambiente que siempre son cambiantes y pueden representar diferente tipo de relaciones en la dinámica de los ecosistemas. Otra limitante que se puede presentar en el proyecto es que demanda de alta capacidad predictiva para establecer el comportamiento futuro de dos variables, siendo el proyecto y el ambiente, por lo que es

necesario estudiar a fondo las condiciones de las obras viales y las del entorno. Aunque los cambios en el ambiente tienen diferentes maneras para caracterizarlos, en este proyecto se utilizarán dos matrices (una directa y una indirecta) por lo que se delimita este aspecto de incertidumbre en el análisis.

Impacto ambiental:

Los principales motivos para analizar los impactos ambientales se relacionan con la necesidad de identificar oportunamente los efectos indeseables antes que sea más costoso modificarlos. En países como Estados Unidos desde la década de los años 70 se requiere este tipo de estudios y en la actualidad al menos 80 países exigen una declaración de impacto ambiental sobre los efectos de los proyectos en el medio ambiente (De la Maza, 2007).

En este sentido, el impacto ambiental se define como los cambios favorables o desfavorables que se produce en el entorno natural a causa de un proyecto, obras o actividades específicas. “Sin embargo, existen otras maneras de representar el impacto, como por ejemplo la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado por la realización del proyecto y la situación de ese mismo ambiente futuro, tal como habría evolucionado sin tal intervención” (Arboleda, 2015, p.2).

Para este proyecto, se tiene en cuenta por ejemplo el efecto de proyectos de ingeniería en obras viales, como puede ser el movimiento de tierras que produce muchas veces daños irreversibles y de grandes magnitudes, e incluso puede afectar el flujo de aguas superficiales como acuíferos. Otros efectos pueden ser la contaminación de las aguas a causa de alteraciones en los niveles de pH, arrastre de partículas sólidas, degradación de la capa vegetal y terrestre, salinización y afectaciones a acuíferos, entre otros (De la Maza, 2007).

También se tiene en cuenta la alteración de la calidad atmosférica a causa del cambio en las condiciones del terreno para hacer carreteras y caminos, como también las emisiones de CO₂ de los vehículos que transitan, que en general trae material particulado al aire, polvo, ruido y otros gases tóxicos (De la Maza, 2007).

Se puede presentar daño o reducción de especies vegetales o animales, como también afectar la capa del suelo con efectos importantes en el funcionamiento normal de los ecosistemas, lo cual en altas magnitudes puede llevar a estados de irreversibilidad. Por tratarse de proyectos de construcción, se presenta con frecuencia modificaciones en la morfología de la vegetación con alteraciones en el paisaje. En general, estas condiciones pueden afectar de alguna manera la salud humana, la flora y la fauna.

Significancia de los impactos ambientales:

Para el desarrollo del proyecto es pertinente tener en cuenta el concepto de significancia dentro de la evaluación de impacto ambiental, ya que tiene una connotación especial y se relaciona con la gravedad o nivel de afectación y termina afectando las decisiones sobre el desarrollo de un proyecto. Se tiene en cuenta la definición de significancia como los “criterios para determinar cuando un proyecto o actividad puede ocasionar deterioro grave al ambiente” (Arboleda, 2015, p.2).

Tal es la importancia del concepto, que la Ley 99/93 que tenía establecido que se requería licencia ambiental para las obras que pudieran producir daño severo a los recursos naturales, tuvo una modificación donde se cambió el término deterioro grave por impacto significativo, lo cual incluye las alternaciones notables al paisaje. Siendo así, dentro de este proyecto la relevancia de los impactos ambientales están inmersos en el uso de cada metodología, pero su aplicabilidad depende en gran medida de las condiciones o circunstancias propias del ambiente

donde se intervienen las vías y de la capacidad de previsibilidad de los cambios que se pueden generar en el entorno.

Intervención vial:

Por tratarse de un proyecto para la comparación de dos métodos de evaluación de impacto ambiental a causa de obras viales, se tiene en cuenta el alcance de la intervención vial. De acuerdo a la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación vial del Instituto Nacional de Vías (2008), el término de rehabilitación vial se refiere al mejoramiento funcional o estructural del pavimento que se realiza para aumentar el tiempo de servicio y para garantizar una superficie de rodamiento más cómoda y segura, de manera que se logren reducir los costos de operación vehicular. La intervención vial como acciones de mejoramiento tiene en cuenta cuatro opciones que son:

Restauración: Consiste en la ejecución de trabajos que mejoran la condición superficial del pavimento, pero no aumentan su capacidad estructural.

Refuerzo: Consiste en la colocación de capas de pavimento que proporcionan capacidad estructural adicional o mejoran el nivel de servicios a los usuarios.

Reciclado: Consiste en la reutilización de parte de las capas de la estructura existente, para mejorar su capacidad estructural. La adición de nuevos materiales es necesaria para mejorar la resistencia y el comportamiento del pavimento mejorado.

Reconstrucción: Consiste en la remoción de capas y el reemplazo parcial o total del pavimento, para mejorar su capacidad estructural, adaptándolo a las necesidades del tránsito futuro. (Instituto Nacional de Vías, 2008, p.5-6)

La rehabilitación estructural comprende las actividades de reciclado y de reconstrucción, con la finalidad de prolongar la vida de servicio de la vías, aunque este tipo de intervención debe

corregir también fallas de deficiencias funcionales existentes. Sin embargo, para este proyecto se tiene en cuenta la rehabilitación funcional de la vía seleccionada, ya que se basa en la restauración y en las actividades de refuerzo parcial que se requieren para corregir las deficiencias funcionales de la capa de rodamiento.

Actividades de intervención vial:

Desde un punto de vista más específico, se tienen en cuenta las actividades que implican las obras de intervención vial para tener un primer acercamiento a las afectaciones que pueden generar las obras al entorno. La guía de mantenimiento vial del Instituto Nacional de Vías (2004), presenta un catálogo de intervenciones, entre las que se tiene: 1. Mantenimiento rutinario, 2. Mantenimiento periódico, 3. Rehabilitación y 4. Reconstrucción, las cuales se aplican más fácilmente a las vías principales urbanas que conectan de forma directa diferentes zonas de una ciudad.

Teniendo en cuenta las condiciones de la vía seleccionada para el desarrollo del proyecto, se tienen en cuenta las actividades de mantenimiento periódico, como resultado de la identificación del tipo, extensión y gravedad de las fallas presentes. La intervención de mejoramiento de las condiciones de la vía incluye las siguientes actividades:

El sellado de fisuras y obras de renivelación de la carpeta asfáltica.

La colocación de pintura asfáltica.

El parcheo requerido en la carpeta asfáltica.

Puede incluir el parcheo y el tratamiento superficial doble de la capa de rodamiento.

Reciclado de la carpeta asfáltica y otros refuerzos en las partes donde se requiera.

2.4 Marco Legal

Constitución Política de Colombia. A partir de la reforma constitucional de 1991 en Colombia quedaron establecidos los derechos y deberes relacionados con el medio ambiente, como un asunto de interés general y que debe atenderse desde las diferentes instancias público y privadas, por lo que se tienen en cuenta los artículos 79, 80 y 95, donde se tiene en cuenta la garantía de los ciudadanos a tener un ambiente sano, como también para que el Estado planifique el uso y aprovechamiento de los recursos naturales en función del desarrollo sostenible y desde luego, los deberes de cada persona para la salvaguarda del patrimonio natural y su efectiva conservación.

Ley 99 de 1993. Fue la Ley que creó el Ministerio del Medio Ambiente y regula hasta el momento la labor de conservación de los recursos naturales renovables. En esta ley quedó resaltado que se debe velar por la protección y recuperación de los recursos naturales del país de forma conjunta y organizada entre las entidades públicas afines, la sociedad en general, las diferentes entidades interesadas en el medio ambiente y la empresa privada.

En este sentido, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR) como entidades públicas e integradas a las autoridades territoriales, tienen a cargo la protección dentro de su jurisdicción, del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Resolución 1935 de 2008. Por la cual se modifica la Resolución 1023 de 2005, en la que se adoptaron algunas guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación. Estas guías se propusieron como un instrumento de autogestión y autocontrol para que fueran utilizados por los sectores productivos y para consultar sobre la conceptualización y la metodología que exigen las autoridades ambientales en sus regulaciones. De esta manera se cuenta con criterios unificados para etapas de control ambiental en planeación, desarrollo y control ambiental de proyectos.

De esta manera, el Ministerio del Medio Ambiente definió 4 guías, entre las que se cuenta el manejo ambiental de proyectos de infraestructura - subsector vial.

Decreto 2820 de 2010. Este decreto reglamentó el Título VIII de la Ley 99 de 1993 en lo relativo a las licencias ambientales. En el artículo 3 quedó establecido el concepto y alcance de la licencia ambiental, la cual rige como una autorización que se debe solicitar a la autoridad ambiental competente para que un proyecto se pueda ejecutar, teniendo en cuenta la afectación a los recursos naturales, a las condiciones del medio ambiente e incluso en las alteraciones en el paisaje natural. Por tal motivo, el ejecutor del proyecto debe analizar las acciones de “prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada” (art.3).

Esta licencia ambiental se convierte en el permiso, autorización y/o concesión que se otorga para el uso o aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Para esto, el artículo 8 tiene identificadas las actividades en que se requiere la solicitud la licencia y en el ítem 8 relaciona la ejecución de proyectos públicos, dentro de las que se cuentan los proyectos de red vial, tales como carreteras, puentes y demás infraestructura relacionada.

En el artículo 21 se define la manera como se deben realizar las evaluaciones de impacto ambiental, donde se establece que se debe hacer según Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y tener entre otros requisitos la información sobre el proyecto a ejecutar, la caracterización del entorno (medio físico, biótico y socioeconómico), información sobre el método utilizado para la evaluación del impacto ambiental y sobre la evaluación de los impactos positivos y negativos.

3. Método

3.1 Tipo de Investigación

El desarrollo del proyecto se basó en la aplicación de un enfoque cuantitativo, teniendo en cuenta un tipo de investigación descriptivo y apoyado en trabajo de campo, para obtener los datos requeridos para medir las diferentes variables que conforman las condiciones de la vía urbana principal y de las metodologías propuestas para la identificación de impactos ambientales. Por tratarse de un estudio descriptivo permitió recopilar, procesar y analizar la información requerida sobre una vía principal urbana, mientras que el trabajo de campo permitió hacer las mediciones directamente en el tramo de vía a seleccionar (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

3.2 Población y Muestra

La población correspondió a las vías principales de la ciudad de Medellín que se encuentran ubicadas en el departamento de Antioquía, que teniendo en cuenta las condiciones de la estructura, requieren obras de fresado, repavimentación y otras obras complementarias. De acuerdo a las condiciones de las vías demandan de la intervención de la capa de rodadura donde se suministra, transportan y colocan mezclas asfálticas para hacer el mantenimiento, pero para esta actividad se debe primero hacer el retiro de la capa asfáltica deteriorada para recuperar el material de fresado y luego hacer la disposición final en el sitio respectivo.

Se aplicó una muestra no probabilística, teniendo en cuenta una selección por conveniencia para asegurar diferentes factores como fueron el nivel de deterioro de la vía, la potencial afectación ambiental en suelo, agua, flora, fauna y aire, y por estar programada para mantenimiento durante el tercer trimestre del año 2019. La muestra correspondió a un tramo de 3

km lineales de vía Las Palmas que se encuentra en la ciudad de Medellín (ver figura 6).

3.3 Técnicas de Recolección de Información

3.3.1 Fuentes primarias. Los datos se obtuvieron por medio de visitas a obra y trabajo de campo para realizar la observación y valoración de las diferentes características de la vía y de los aspectos ambientales que se tuvieron en cuenta como producto de los cambios generados en el entorno donde se ejecutaron las actividades de mantenimiento.

3.3.2 Fuentes secundarias. Se consultaron los documentos legales y normativos que regulan en Colombia la protección del medio ambiente y las especificaciones técnicas que determinan los métodos de diseño para los pavimentos en concreto y asfálticos, tales como AASHTO 1993, INVIAS 1997 y la PCA 1984 para conocer el tipo de materiales que se emplean en este tipo de vías. Igualmente, se obtuvo información sobre las especificaciones técnicas para la aplicación de la metodología Leopold y el EPM-Arboleda, en cuanto a la identificación y valoración de interacciones y análisis de resultados.

Procedimiento de recolección y análisis de datos:

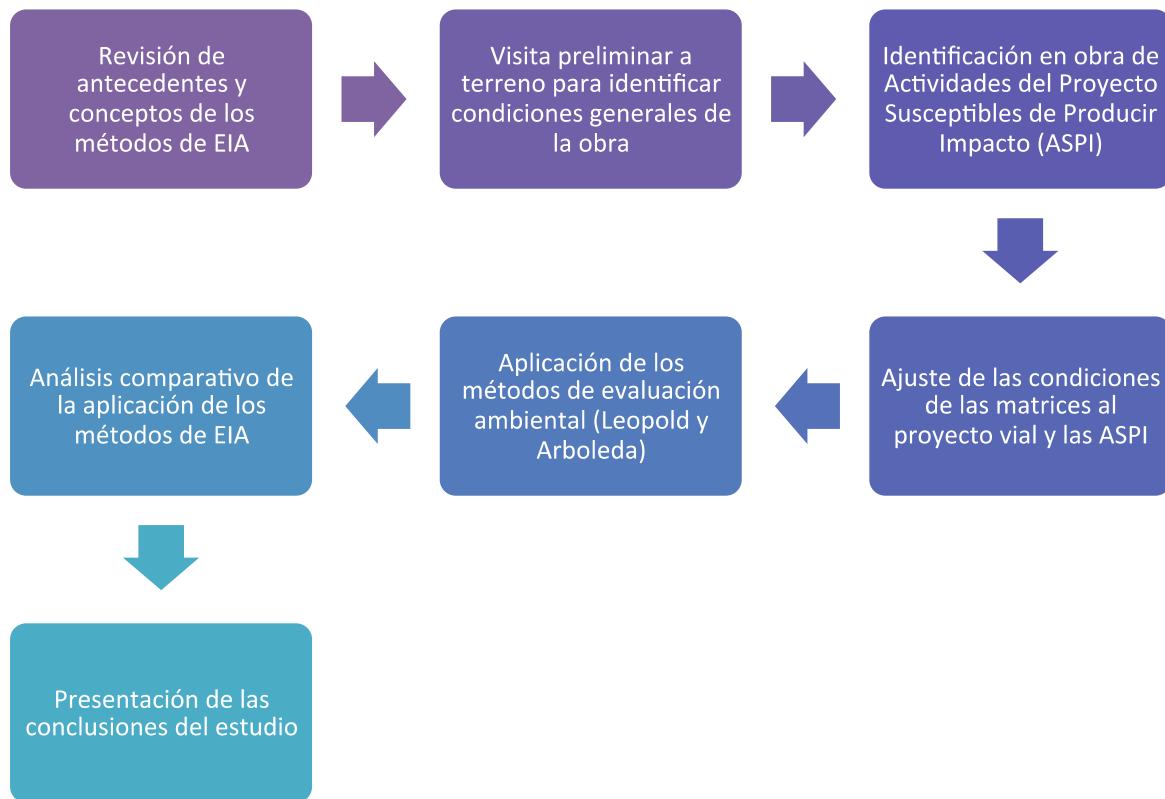


Figura 5. Procedimiento de recolección y análisis de datos

El procedimiento que se realizó en este trabajo incluyó el uso de las fuentes primarias y secundarias descritas anteriormente, con la finalidad de hacer una revisión de los antecedentes y conceptos de los métodos directos e indirectos de evaluación de impacto ambiental. A partir de estas referencias, se realizó un reconocimiento preliminar en terreno sobre las condiciones de la vía y de la obra de rehabilitación, con la finalidad de hacer posteriormente una identificación más estructurada de las Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI), siendo necesario para la construcción de las matrices ajustadas al proyecto vial (ver figura 5).

Con la construcción de las matrices ajustadas a las condiciones del proyecto y de los elementos del entorno, se procedió a hacer la aplicación de la metodología Leopold y Arboleda, analizando los aspectos comunes y diferenciales. El resultado final de la aplicación de las matrices permitió hacer el análisis final del estudio comparativo en cuanto a la calificación

ambiental y la importancia del impacto para el tipo de vías urbanas. Finalmente, se procedió a concluir sobre los hallazgos del estudio, teniendo en cuenta los parámetros que maneja el método directo e indirecto seleccionado para hacer la evaluación del impacto ambiental sobre los efectos de la intervención de la vía (ver figura 5).

4. Resultados

4.1 Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) de la Intervención de Vial

El primer objetivo del proyecto correspondió a determinar las Actividades Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) como consecuencia de la intervención de una vía principal urbana en la ciudad de Medellín. Para esto, fue necesario hacer como primera medida una identificación de la vía en cuestión con la ubicación dentro de la ciudad, con la descripción de las obras a realizar para el mantenimiento de la misma. Como segunda medida, se realizó la identificación de las ASPI, los aspectos ambientales resultantes y los impactos del proyecto vial como tal.

4.1.1 Identificación de la vía sujeta a intervención de obra. La identificación se realizó haciendo la ubicación de la vía y definiendo las actividades de intervención necesarias.

4.1.1.1 Ubicación de la vía. Las obras de intervención se realizaron en la vía Las Palmas dentro de un tramo de 3 km lineales, ubicada en la parte oriental de la ciudad de Medellín que comunica con el resto del departamento (ver figura 6).



Figura 6. Descripción del trazado de la vía Las Palmas, Medellín

Adaptado de Google Earth (2019). Mapa sector Las Palmas. Recuperado de: www.googleearth.com

4.1.1.2 Actividades de intervención. De acuerdo con las condiciones y especificaciones del contrato de intervención vial, las actividades consistieron en: el suministro, el transporte y la colocación de mezcla asfáltica en el tramo señalado.

En algunos segmentos se requirió fresado y repavimentación, siendo necesario actividades de retiro de la capa asfáltica y la construcción de la nueva estructura de rodamiento. Esta recuperación generó material de fresado y se dispuso en el sitio autorizado por la entidad contratante. Además, se requirieron actividades generales para el transporte e instalación de campamentos temporales, maquinaria y equipos para la rehabilitación de la vía.

4.1.2 Identificación de actividades susceptibles de producir impacto (ASPI) de la intervención vial. La evaluación de impactos ambientales, tanto en los proyectos de intervención vial que se realizan desde la ingeniería civil, como en cualquier obra de infraestructura requiere de la identificación de las diferentes acciones que impactan en el entorno, las cuales se conocen como Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI). Para determinar la presencia de las ASPI dentro de un proyecto de intervención vial se pueden tener en cuenta muchos factores que han sido identificados en otros estudios como producto de experiencias exitosas y de otras matrices y listas de chequeo, para lo que se tiene en cuenta el criterio de quien realiza la evaluación.

En este caso, se tuvieron en cuenta las ASPI que sugiere la Guía de manejo socioambiental para la construcción de obras de infraestructura pública de la Alcaldía de Medellín (2014), junto con el listado que sugiere la metodología Leopold y EPM Arboleda para hacer una valoración más integrada del proyecto (ver tabla 1). Esta valoración tuvo en cuenta las acciones que generan interacciones entre la ejecución de la obra vial con la alteración de las condiciones del medio ambiente donde se realiza. “Estas acciones hacen que cada proyecto sea casi irrepetible, ya que están sujetas a una serie de variaciones tecnológicas, operacionales, de procesos constructivos, entre otros aspectos, que definen cada obra” (Alcaldía de Medellín, 2014, p.16).

Teniendo en cuenta que no existen especificaciones que determinen cuáles ASPI se deben incluir dentro de la evaluación, fue necesario realizar visitas de campo para cotejar el listado propuesto con las condiciones del entorno y teniendo como criterio el conocimiento técnico profundo de los procesos constructivos que realizó el proyecto (ver tabla 1), ya que la autora del proyecto tenía a cargo la interventoría de obra del tramo vial (Arboleda, 2008).

Tabla 1. *Acciones para hacer la identificación de las ASPI en proyectos viales*

Alcaldía de Medellín, 2014	Método Leopold, et al. (1971)	Método Arboleda (2008)
Instalación temporal de equipos	Modificaciones del régimen:	Actividades preliminares:
Demolición de infraestructura	• Cambios en el hábitat	• Contrataciones de personal, bienes y servicios
Tala, trasplante y rocería	• Afectaciones en la cubierta terrestre	Actividades generales:
Excavación de terreno	• Cambios hidrológicos	• Transporte de materiales
Cargue y retiro de material sobrante	• Cambios en drenajes	• Desmonte y descapote
Voladura de roca	Transformación del territorio y construcción:	• Instalación temporal de infraestructura (campamentos, instalaciones temporales)
Uso de maquinaria pesada	• Autopistas y puentes	• Funcionamiento de campamentos y las instalaciones temporales
Instalación de obra falsa	• Carreteras y caminos	• Funcionamiento de talleres
Instalación del hierro	• Barreras incluyendo vallados	• Adecuaciones en accesos a la obra
Mezcla y vaciado del concreto	• Desmontes y rellenos	• Uso de explosivos
Colocación de tuberías	Extracción de recursos:	• Transporte de personal
Cambio de cauce de aguas	• Excavación superficial	• Transporte y almacenamiento de combustibles
Uso de prefabricados	• Excavación subterránea	• Almacenamiento de materiales e insumos (Acopio)
Mamposterías	Procesos:	
Uso de pintura	• Paso de automóviles	
Cubrimientos (revoques, estucos, enchapes)	• Almacenamiento de productos	
Conexiones de servicios	Alteraciones del terreno:	
Obras de urbanismo (andenes, zonas verdes)	• Cultivo el terrazas	
Colocación de cerramiento	• Drenajes	
Otras instalaciones	• Paisaje	
	Recursos renovables:	
	• Siembra forestal	
	• Manejo de residuos	

Nota: Alcaldía de Medellín (2014); Método Leopold, et al. (1971); Método Arboleda (2008)

Tabla 1. (Continuación)

Alcaldía de Medellín, 2014	Método Leopold, et al. (1971)	Método Arboleda (2008)
	Tratamiento de residuos:	• Almacenamiento de residuos líquidos
	• Derrames en afluentes • Vertido de residuos urbanos • Lubricantes y aceites derramados	• Almacenamiento de agua para uso del personal y de la obra
	Accidentes:	• Almacenamiento de residuos y sobrantes (ZODMES)
	• Explosiones • Escapes de combustibles • Fallos de funcionamiento	• Retiro y abandono de las instalaciones temporales
	Obras viales:	Actividades de reparación vial:
	• Obras preliminares • Movimiento de tierras • Bases y sub bases • Pavimento asfáltico • Sistemas de drenaje • Muros de concreto ciclópeo • Señalización • Medio ambiente	• Recuperación de la subrasante • Construcción de capa del pavimento asfáltico • Recuperación de las obras hidráulicas existentes • Obras de arte (alcantarillas, cunetas y descoles) • Señalización

Nota: Alcaldía de Medellín (2014); Método Leopold, et al. (1971); Método Arboleda (2008)

Tabla 2. *Observación de las ASPI en la visita de campo para hacer la evaluación de aspectos ambientales*

ASPI seleccionadas de acuerdo a las condiciones del proyecto	Presencia en el entorno		
	Alto	Medio	Bajo
Actividades preliminares:			
Contrataciones de personal, bienes y servicios	X		
Actividades generales:			
Alteración de cubierta terrestre	X		
Alteración hidrológica			X
Alteración de drenaje		X	
Excavaciones superficiales	X		
Transporte de materiales de construcción, insumos, maquinaria y equipos	X		
Desmonte y descapote	X		
Instalaciones temporales (campamentos, instalaciones temporales)	X		
Funcionamiento de campamentos e instalaciones temporales	X		
Funcionamiento de talleres			X
Adecuación de accesos a la obra		X	
Transporte y almacenamiento de combustibles	X		
Almacenamiento de materiales e insumos (Acopio)	X		
Generación de residuos sólidos (industriales)	X		
Disposición de residuos líquidos (industriales)	X		
Derrames de lubricantes y aceites		X	
Captación de aguas para uso de la obra	X		
Disposición de materiales sobrantes y escombros	X		
Retiro y abandono de equipos e instalaciones temporales	X		
Actividades de reparación vial:			
Recuperación de la subrasante	X		
Construcción de capa del pavimento asfáltico	X		
Recuperación de las obras hidráulicas existentes	X		
Obras de arte y urbanismo (alcantarillas, cunetas, andenes y zonas verdes)	X		
Señalización	X		

Nota: Alcaldía de Medellín (2014); Método Leopold, et al. (1971); Método Arboleda (2008)

En la tabla 2 se confirmaron las acciones que tienen relación directa con el proyecto de intervención vial que se tuvo en cuenta en el estudio. Se incluyeron aquellos que tuvieron una

presencia alta y media en el entorno, mientras que los calificados como de presencia baja (alteración hidrológica y operación de talleres) se descartaron de los ASPI que conformaron la matriz de aspectos ambientales (ver tabla 2).

4.1.3 Aspectos ambientales. Teniendo en cuenta las ASPI que fueron identificadas la tabla 2, se procedió a determinar los aspectos ambientales que se generan por la interacción de estos con el medio ambiente. En este sentido, los aspectos ambientales se consideran como las actividades que de alguna manera pueden alterar el ambiente, ya sea modificándolo de forma positiva o de forma negativa. Los aspectos ambientales se clasificaron teniendo en cuenta la secuencia de cada proceso (entradas y salidas), siendo por lo general desperdicios, productos, emisiones o alteraciones en el entorno.

Siguiendo la metodología de Leopold (1971) y Arboleda (2008), se desarrolló una matriz haciendo un cruce entre las ASPI y los aspectos ambientales del entorno, lo cual permitió establecer con exactitud las actividades que generan mayor afectación. En este proyecto se tuvieron en cuenta las ASPI identificadas en una obra de mantenimiento de una vía principal de la ciudad de Medellín, cuyas interacciones fueron señaladas con los aspectos ambientales que producen, tanto a nivel positivo (color verde) como negativo (color rojo), según cada caso (Apéndice B).

4.1.4 Impactos ambientales del proyecto vial. Habiendo identificado los aspectos ambientales que estaba generando el proyecto vial, se analizó el impacto, entendido como el cambio que se estos generan en el entorno. Tal como se mencionó anteriormente, se tuvieron efectos positivos y negativos, según la degradación que se puede ocasionar en el ambiente o si por el contrario, se observan beneficios directos por la ejecución de las obras y mejoras de las condiciones de la vía urbana. El impacto ambiental se determinó a través de una matriz, donde

los diferentes elementos del apéndice A se organizaron de acuerdo a la ASPI que las generó, pero describiendo la diferenciación entre el efecto negativo y positivo que se puede presentar en el entorno de la vía (Apéndice A).

Para la vía que se analizó en este proyecto se reconocieron los ASPI seleccionados con sus respectivos aspectos ambientales, lo que permitió identificar los eventuales impactos que se pueden presentar en el medio ambiente. Debido a la cantidad de ASPI utilizados y por la discriminación de las actividades generales y de la rehabilitación de la vía colocados en la matriz, se produjo gran número de interacciones, siendo en algunos casos muy similares entre diferentes ASPI, pero que fue útil para tener un mayor nivel de detalle en la evaluación (Apéndice A).

4.2 Diferencias y Similitudes entre el Método Leopold y el EPM-Arboleda

Para hacer la identificación de las diferencias y similitudes entre el método Leopold y el EPM-Arboleda en la valoración de los impactos ambientales, se realizó la aplicación de las respectivas matrices a partir de la información obtenida en el apéndice A y B sobre los aspectos ambientales del proyecto de intervención vial urbano. Se tomó cada uno de los aspectos ambientales para hacer la valoración y determinar los de mayor relevancia que durante la ejecución del proyecto de ingeniería deberían requerir mayores controles. Primero se aplicó el método Leopold con las interacciones de cada caso y posteriormente, se desarrolló el método EPM Arboleda haciendo la valoración lineal de cada aspecto ambiental. En ambos casos las matrices se construyeron en MS Excel para facilitar la aplicación de las fórmulas matemáticas y los cálculos que exigía cada caso. Asimismo, se realizaron registros fotográficos con los dos métodos en diferentes dimensiones: física, biótica y socioeconómica-cultural (ver figura 7-9).

Durante el levantamiento de la información se realizaron las valoraciones, teniendo en cuenta los criterios establecidos en cada método, los cuales fueron presentados en el marco teórico en la figura 2 (método Leopold) y figura 3 (método EMP Arboleda). De esta manera, los criterios para la selección de los valores de la figura 7, 8 y 9 que se tomaron de referencia para todas las valoraciones fueron los siguientes:

En el método Leopold: El signo + o – se refieren a los efectos positivos o negativos que tiene la magnitud de cada factor sobre el medio ambiente. La magnitud se califica de 1 a 10, donde 1 es la mínima alteración del factor ambiental sobre el entorno y 10 es la alteración máxima posible. La importancia se califica de 1 a 10, donde 1 es el menor peso relativo o posibilidad que el factor ambiental afecte el entorno, mientras que 10 es el más alto posible. Estos valores se colocan en una matriz siguiendo el ejemplo expuesto en la figura 2.

En el método EPM Arboleda: Primero se determina la clase (C), mediante el signo + o – que se refiere a los efectos positivos o negativos posibles del factor sobre el medio ambiente. Los criterios de presencia (P), duración (D), evolución (E) y magnitud (M) se establecen en una escala de 0 a 1 mediante los rangos de: 0,01<0,19; 0,2<0,39; 0,4<0,69; 0,7 <0,99 y 1,0, siguiendo los niveles de afectación esperados de cada caso y que se detallan en la figura 3. Posteriormente, aplicando la ecuación $Ca = C (P[7.0 \times EM + 3.0 \times D])$ el resultado se clasifica como: <2,5: poco significativo; >2,5 y <5,0: moderado; >5,0 y <7,5: significativo y >7,5: muy significativo (ver figura 4).

Dimensión física	
Procesos erosivos y cambios en la capa vegetal	
	
Fotografía: Vía Las Palmas de la ciudad de Medellín PR 1+200	
Método	Valoración
Leopold	Magnitud: -1; Importancia impacto: 2 = Impacto moderado en condiciones físico químicas del suelo y pérdida de cobertura vegetal.
EPM Arboleda	Presencia: 0,7; Duración: 0,3, Evolución: 0,1; Magnitud: 0,5 = Importancia final: Irrelevante
Alteración paisajística	
	
Fotografía: Vía Las Palmas de la ciudad de Medellín PR 1+800	
Método	Valoración
Leopold	Magnitud: -3; Importancia impacto: 7 = Impacto bajo en condiciones naturales del paisaje y tipo de flora en el trazado de la vía
EPM Arboleda	Presencia: 1; Duración: 0,1, Evolución: 0,1; Magnitud: 0,5 = Importancia final: Irrelevante

Figura 7. Valoración de la vía en la dimensión física por método Leopold y EPM Arboleda

Dimensión biótica	
Afectación flora	
	
Fotografía: Vía Las Palmas de la ciudad de Medellín PR 1+400	
Método	Valoración
Leopold	Magnitud: -5; Importancia impacto: 7 = Impacto moderado en la flora aledaña a la vía por excavaciones superficiales
EPM Arboleda	Presencia: 0,7; Duración: 0,3, Evolución: 1; Magnitud: 0,3 = Importancia final: Irrelevante
Afectación fauna	
	
Fotografía: Vía Las Palmas de la ciudad de Medellín PR 1+500	
Método	Valoración
Leopold	Magnitud: -2; Importancia impacto: 5 = Impacto moderado en la fauna aledaña a la vía por excavaciones superficiales
EPM Arboleda	Presencia: 0,7; Duración: 0,3, Evolución: 1; Magnitud: 0,1 = Importancia final: Irrelevante

Figura 8. Valoración de la vía en la dimensión biótica por método Leopold y EPM Arboleda

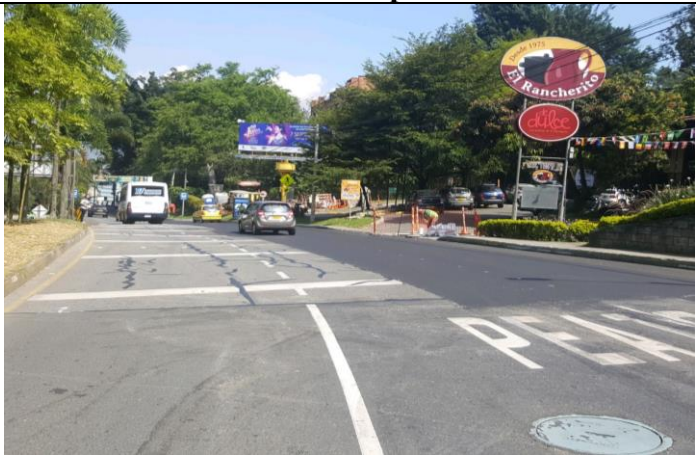
Dimensión socioeconómica y cultural	
A nivel espacial	
	
Fotografía: Vía Las Palmas de la ciudad de Medellín PR 1+900	
Método	Valoración
Leopold	Magnitud: -5; Importancia impacto: 7 = Impacto moderado por inseguridad en las condiciones de la vía mientras se realiza la recuperación de la subrasante
EPM Arboleda	Presencia: 1; Duración: 0,1, Evolución: 1; Magnitud: 0,7 = Importancia final: Significativa
Procesos sociopolíticos	
	
Fotografía: Vía Las Palmas de la ciudad de Medellín PR 1+1200	
Método	Valoración
Leopold	Magnitud: 8; Importancia impacto: 10 = Impacto positivo por estimular la capacidad de gestión ciudadana de parte de los vecinos y demás interesados en mejorar la vía
EPM Arboleda	Presencia: 1; Duración: 0,1, Evolución: 1; Magnitud: 0,8 = Importancia final: Significativa

Figura 9. Valoración de la vía en la dimensión socioeconómica-cultural por método Leopold y EPM Arboleda

4.2.1 Aplicación del Método Leopold. Este método se basó en una matriz de doble entrada que se construyó de acuerdo a las ASPI del proyecto de intervención vial, por lo que se tomó como base la matriz de aspectos ambientales (Apéndice C) para organizar los dos ejes de valoración, siendo de forma horizontal las condiciones de la obra que pueden alterar el entorno, mientras que de forma vertical se ubicaron las condiciones ambientales a nivel físico, biótico y socioeconómica y cultural. En cada interacción que fue definida en el apéndice C se calificaron los tres aspectos requeridos por la metodología (ver figura 1 y 2), los cuales son la clase (C) (impacto positivo + o impacto negativo -), la magnitud (M) y la importancia (I) del impacto ambiental que se generará por cada acción de las obras de ingeniería (ver figura 10).

Para el análisis de resultados se requirió sumar los valores positivos y negativos de la magnitud (M) de cada interacción, así como las importancias de cada ASPI a nivel vertical y de cada factor ambiental de forma horizontal. Los resultados de las filas (horizontales) permitieron observar el impacto que cada acción genera sobre el medio ambiente, mientras que los resultados de las columnas (verticales) mostraron la manera como cada factor del medio ambiente es impactado por las acciones de las obras de intervención vial (ver figura 11).

4.2.2 Aplicación del Método EPM-Arboleda. La matriz se elaboró siguiendo el mismo orden de los ASPI con los impactos ambientales que correspondientes fueron identificados en el Apéndice A. Se adicionaron las columnas de valoración de acuerdo a la figura 3 presentada en el marco teórico del proyecto, donde los criterios son: P: presencia, D: duración, E: evolución y M: magnitud de cada impacto ambiental posible, junto con otra columna para hacer el cálculo de la ecuación (Ca) de la metodología EMP Arboleda: $Ca = C (P[7.0 \times EM + 3.0 \times D])$. Luego de valoró cada impacto ambiental siguiendo el orden de los ASPI para determinar la manera como la obra de intervención vial puede alterar el entorno donde se ejecutarán las actividades. Finalmente,

para el análisis de los resultados se colocó una columna para señalar la importancia del impacto ambiental, teniendo en cuenta la clasificación presentada en la figura 4, que de acuerdo a la escala puede ser: muy significativo, relevante, moderado e irrelevante (ver tabla 3).

COM PONENTES AM BIEN TA LES	Dimensión	Componente	Impacto	Act. Prelimi res	ACTIVIDADES GENERALES																		REHABILITACIÓN DE LA VÍA				Resultado Magnitud	Resultado Importancia			
					Contestación de mano de obra y compra y traslado de bienes y servicios	Alteración de cubierta terrestre	Alteración de drenajes	Excavaciones superficiales	Movilización de materiales de construcción, maquinaria y equipos	Desmonte y descapote	Instalación de infraestructura temporal (campamentos, instalaciones temporales, etc.)	Operación de maquinaria e instalaciones temporales	Adecuación de vías de acceso	Transporte y almacenamiento de combustibles	Almacenamiento de materiales e insumos (A.C.P.S.)	Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	Disposición de residuos líquidos (domésticos e industriales)	Derrames de lubricantes y aceites	Captación de aguas para uso de la obra	Disposición de materiales sobrantes y excedentes	Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	Recuperación de la subrasante	Construcción del pavimento	Recuperación de las obras hidráulicas existentes	Obras de arte y urbanismo (alcantarillas, cunetas, andenes y zonas verdes)	Señalización					
AMBIENTALES	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión		-28	-1/8	-28	-1/2	-1/2	-1/2	-4/7	-5/7	-4/8	-4/7				-3/5	-4/6	-2/5	-5/7	-2/5				-3/5	0	14	-37	81	
			Modificación Paisajística		-37	-2/7	-37	-2/3	-1/2	-3/4	-5/6	-5/8	-5/7	-5/8						-3/5	-3/5	-2/4	-3/5				-5/8	0	18	-56	97
			Procesos de Remoción en Masa						-1/2	-2/3	-2/3	-2/3								-3/5	-3/5	-2/4	-3/5					0	7	-16	27
			Sedimentación						-1/2				-1/2									-1/2	-1/2					0	4	-4	8
		Suelo	Estabilidad Geotécnica					3/5	2/5	3/5	3/5										-2/3	-2/4					3	2	4	22	
			Cambio en las condiciones físico químicas del suelo		-4/9	-3/8	-5/8		-5/8	-3/5	-5/8	-7/8				-8/9					-4/5	-3/5					-5/8	0	10	-45	73
			Cambio de uso						-3/7	-5/8											-5/8	-5/8						0	5	-23	33
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas		-3/9	-2/7	-2/7					-1/3		-7/8	-3/5	-5/8	-7/8	-8/8			-2/4						-5/8	0	10	-40	72
			Modificación del nivel freático																									0	0	0	0
			Aire	Disminución de la calidad del aire						-3/5	-2/3		-3/8	-2/8	-1/4		-2/4				-2/4	-2/5	-3/5	-2/5				0	10	-21	47
		Recurso hídrico	Aumento en decibels de ruido						-5/5	-3/5	-2/5	-4/5	-5/7	-1/4							-8/10	-5/8						0	8	-34	49
			Alteración de la calidad del agua		-2/9	-4/6	-3/8		-2/5	-2/4	-3/7	-2/5		-3/7	-7/8	-7/10				-3/7	-1/2	-2/5	-3/5	-2/5				0	15	-44	97
	Disminución del recurso hídrico							-2/7	-4/7	-2/7			-3/5						-5/8		-3/5	-5/7	-5/7				0	8	-28	53	
	Disminución en la capacidad de transporte			-2/8	-5/8	-3/7		-2/8	-2/3	-1/3	-1/5		-1/4						-3/4	-2/5	-2/3	-1/2	-1/2				0	13	-25	60	
	Alteración del cauce			-1/3	-1/4	-1/3		-1/3	-1/2	-1/3	-1/3								-2/3	-1/2	-1/2	-1/2	-2/5	-1/3			0	12	-14	36	
	Ecosistemas dulceacuicolas		Afectación de la calidad del hábitat dulceacuicola		-1/3	-1/3	-1/2		-1/2	-1/2	-1/2	-1/2		-1/2	-3/4	-4/5	-2/4	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2		0	17	-23	43	
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Flora	Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas		-1/5	-1/5	-1/3		-1/2	-1/2	-1/2	-1/3			-1/2	-3/4	-3/4	-1/2	-2/3	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2		0	17	-20	47	
			Pérdida de la cobertura vegetal		-4/8	-2/7	-5/7		-5/6	-4/5	-5/7									-3/5							0	7	-28	45	
			Pérdida de biodiversidad		-3/8		-3/8		-4/8	-2/3	-3/8									-3/4							0	6	-18	39	
		Fauna	Cambio en la estructura y composición florística					-3/5	-2/5		-3/5									-3/5							0	4	-11	20	
			Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre					-3/5																			0	1	-3	5	
			Fragmentación del hábitat		-2/5	-3/5	-2/5		-3/5																		0	4	-10	20	
		Demografía / Población	Afectación de especies locales (migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)		-2/5	-3/5	-2/5		-2/4																		0	4	-9	19	
			Cambio sobre el componente demográfico		-5/6																	-2/5	-2/5	-2/5	-1/3			0	5	-12	24
Cambio en la dinámica de empleo				-5/7	2/4	2/4	2/4	2/3	2/4	2/4	2/4	2/5	2/4	3/4					1/2	3/4	2/4	4/5	4/5	3/5	2/5	2/4	19	0	47	81	
Procesos Económicos			Cambio en los ingresos de la población		-5/5	3/5	3/5	3/5	3/4	3/5	2/4	3/5	3/5	3/5	3/5				2/3	3/5	3/5	3/5	4/5	3/5	3/5	3/5	19	0	58	91	
Cambio en las actividades económicas				-5/6	1/3	1/3	1/3		1/3	1/3					-2/5	1/3	1/3			2/3	3/5	3/5	3/5	4/5	3/5	3/5	9	0	10	32	
Cambio económico por modificación uso del suelo																										0	0	0	0		
Procesos Sociopolíticos	Generación de expectativas sociales		-4/5	-5/6	-3/5	-4/5	-5/6	-5/6	-8/7	-5/6	-8/7	-4/5	-5/6	4/5	-5/6	-8/7	-3/5	4/5	-5/6	-7/8	-7/8	-8/8	-8/7	-5/6	0	22	-110	137			
	Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad		5/10	8/6	7/6	7/6	6/8	8/10	7/6	8/10	9/10	7/6	7/8	8/10	8/10	8/10	7/6	7/6	8/10	8/10	8/10	8/10	8/10	8/10	8/10	22	0	165	209		
	Cambios en la seguridad pública		-2/8						-4/7																0	2	-8	15			
	Dimensión Espacial	Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales		-3/9																						0	1	-3	9		
		Cambio en el acceso y movilidad						-5/7				-7/8	-7/8	-7/8					-2/3	-3/4	-7/8	-7/8	-8/8	-5/8		0	10	-56	75		
	Dimensión Cultural	Afectación a la salud pública						-3/5				-5/7	-7/8	-5/7	-5/7	-7/8			-3/7	-2/4	-5/7	-5/7	-4/8		5/7	0	11	-46	80		
Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico									-2/4	-2/4								-2/3	-2/4						0	4	-8	15			
Nº de Impactos (+)			4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	72						
Nº de Impactos (-)			4	14	13	14	7	21	18	13	19	8	6	10	8	7	9	21	14	12	12	9	6	4		249					
Resultado Magnitud		6	-21	-18	-23	-10	-38	-28	-27	-47	-24	-17	-28	-28	-25	-11	-44	-21	-25	-24	-15	-2	0			-468					
Impacto Impacto		56	114	102	104	53	111	97	94	131	74	72	59	69	63	60	63	113	75	83	83	45	53					1781			

Figura 10. Aplicación de la matriz Leopold para el proyecto de intervención vial

Para mayor detalle se discriminó la matriz en el Apéndice C.

Tabla 3. *Aplicación de la matriz EMP Arboleda para el proyecto de intervención vial*

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Contratación de mano de obra y compra y/o alquiler de bienes y servicios	Alteraciones en la composición demográfica de la población	-	0,5	0,1	0,1	0,6	-0,51	IRRELEVANTE
	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población	-	0,8	0,1	0,1	0,5	-0,58	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,3	2,40	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	0,1	0,3	0,51	IRRELEVANTE
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
Alteración de cubierta terrestre	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de fauna	-	0,7	0,3	1	0,1	-1,39	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
Alteración de drenaje	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Excavaciones superficiales	Afectaciones en la biodiversidad de fauna	-	0,7	0,3	1	0,1	-1,39	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de fauna	-	0,7	0,3	1	0,1	-1,39	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
Movilización de materiales de construcción, insumos, maquinaria y equipos	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,9	-6,60	SIGNIFICATIVO
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Alteraciones en la movilidad de las personas	-	1	0,1	0,8	0,5	-3,10	MODERADO

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Desmonte y descapote	Riesgos de accidentes	-	0,9	0,1	0,8	1	-5,34	SIGNIFICATIVO
	Mejoramiento de estabilidad geotécnica	+	1	0,2	1	0,2	2,00	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,9	-6,60	SIGNIFICATIVO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de fauna	-	0,7	0,3	1	0,1	-1,39	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Afectaciones a patrimonio cultural	-	0,3	0,1	0,8	0,3	-0,80	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,7	-0,79	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
Instalación de infraestructura temporal (campamentos, instalaciones temporales)	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Funcionamiento de campamentos e instalaciones temporales	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Afectaciones a patrimonio cultural	-	0,2	0,1	0,8	0,3	-0,64	IRRELEVANTE
	Mejoramiento de estabilidad geotécnica	+	0,7	0,2	1	0,2	1,58	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,2	1,70	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,7	-0,79	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,6	-4,50	MODERADO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Generación de inseguridad	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,6	-0,72	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,3	-0,51	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
Vías de acceso a la obra	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,9	-6,60	SIGNIFICATIVO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,9	0,3	0,1	0,5	-1,22	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Transporte y almacenamiento de combustibles	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Alteraciones en la movilidad de las personas	-	1	0,1	0,8	0,5	-3,10	MODERADO
	Riesgos de accidentes	-	0,9	0,1	0,8	1	-5,34	SIGNIFICATIVO
	Mejoramiento de estabilidad geotécnica	+	0,9	0,2	1	0,2	1,86	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,2	1,70	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,3	-0,51	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Contaminación de aire	-	1	0,1	1	0,5	-3,80	MODERADO
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Alteraciones en la movilidad de las personas	-	1	0,1	0,8	0,2	-1,42	IRRELEVANTE
	Riesgos de accidentes	-	0,9	0,1	0,8	1	-5,34	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,2	1,70	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Alteraciones en la movilidad de las personas	-	1	0,1	0,8	0,3	-1,98	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Generación de residuos sólidos (industriales)	Riesgos para la salud por contaminación	-	0,5	0,1	0,8	1	-3,10	MODERADO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,2	1,70	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Contaminación de aguas subterráneas	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,9	0,3	0,1	0,5	-1,22	IRRELEVANTE
	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Riesgos para la salud por contaminación	-	0,3	0,1	0,8	1	-1,98	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,1	1,00	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,7	-0,79	IRRELEVANTE
	Desestabilización del terreno	-	1	0,5	0,8	0,4	-3,74	MODERADO
	Contaminación de aguas subterráneas	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
Disposición de residuos líquidos (industriales)	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Riesgos para la salud por contaminación	-	0,9	0,1	0,8	1	-5,34	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,1	1,00	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Derrames de lubricantes y aceites	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,7	-0,79	IRRELEVANTE
	Desestabilización del terreno	-	0,5	0,5	0,8	0,4	-2,62	MODERADO
	Contaminación de aguas subterráneas	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Riesgos para la salud por contaminación	-	0,9	0,1	0,8	1	-5,34	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,1	1,00	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,5	-0,65	IRRELEVANTE
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,2	0,3	0,1	0,5	-0,97	IRRELEVANTE
Captación de aguas para uso de la obra	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Riesgos por contaminación del agua	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,1	1,00	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,7	-0,79	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,8	0,1	0,1	-2,47	IRRELEVANTE
	Desestabilización geotécnica	-	1	0,2	1	0,2	-2,00	IRRELEVANTE
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,9	-6,60	SIGNIFICATIVO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,9	0,3	0,1	0,5	-1,22	IRRELEVANTE
Disposición de materiales sobrantes y escombros	Afectaciones en la biodiversidad de flora	-	0,7	0,3	1	0,3	-2,37	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	Alteraciones en la movilidad de las personas	-	1	0,1	0,8	0,2	-1,42	IRRELEVANTE
	Riesgos de accidentes	-	0,3	0,1	0,8	0,7	-1,48	IRRELEVANTE
	Afectaciones a patrimonio cultural	-	0,1	0,1	0,8	0,3	-0,47	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Procesos erosivos	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Alteración paisajística	-	1	0,1	0,1	0,3	-0,51	IRRELEVANTE
	Alteración del relieve	-	1	0,1	0,1	0,1	-0,37	IRRELEVANTE
	Desestabilización geotécnica	-	0,7	0,2	1	0,2	-1,58	IRRELEVANTE
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,5	-3,80	MODERADO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,7	0,3	0,1	0,5	-1,15	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Alteraciones en la movilidad de las personas	-	1	0,1	0,8	0,2	-1,42	IRRELEVANTE
	Riesgos de accidentes	-	0,9	0,1	0,8	1	-5,34	SIGNIFICATIVO
	Afectaciones a patrimonio cultural	-	0,3	0,1	0,8	0,3	-0,80	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,2	1,70	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,9	-6,60	SIGNIFICATIVO
Recuperación de la subrasante	Contaminación de agua	-	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,31	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población	-	0,3	0,1	1	0,2	-0,72	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Construcción de capa del pavimento asfáltico	Generación de inseguridad vial	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Contaminación del aire	-	1	0,1	1	0,9	-6,60	SIGNIFICATIVO
	Contaminación de agua	-	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,31	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población	-	0,3	0,1	1	0,2	-0,72	IRRELEVANTE
	Generación de inseguridad vial	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
Recuperación de las obras hidráulicas existentes	Contaminación de agua	-	0,6	0,1	0,9	0,1	-0,68	IRRELEVANTE
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población	-	0,3	0,1	1	0,2	-0,72	IRRELEVANTE
	Generación de inseguridad vial	-	1	0,1	1	0,7	-5,20	SIGNIFICATIVO
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Alteración del cauce de aguas lluvia	-	0,6	0,1	0,1	0,1	-0,34	IRRELEVANTE
Obras de arte y urbanismo (alcantarillas, cunetas, andenes y zonas verdes)	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población	-	0,3	0,1	1	0,2	-0,72	IRRELEVANTE

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

Tabla 3. (Continuación)

ASPI	Impacto ambiental	C	P	D	Ev	M	Ca*	Importancia
Señalización	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,4	3,10	MODERADO
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Alteración paisajística	-	1	1	0,1	0,3	-3,21	MODERADO
	Deterioro de la cobertura vegetal	-	0,4	1	1	0,3	-3,84	MODERADO
	Alteración de expectativas sociales	-	0,5	0,1	1	0,4	-1,70	IRRELEVANTE
	Estimulación de la economía	+	1	0,1	1	0,3	2,40	IRRELEVANTE
	Fomento de la participación ciudadana	+	1	0,1	1	0,8	5,90	SIGNIFICATIVO
	Mejoramiento de la delimitación espacial	+	1	1	1	0,8	8,60	MUY SIGNIFICATIVO

Nota: *Aplicación del Método Arboleda (2008)

4.2.3 Descripción de las diferencias y similitudes entre el método Leopold y el EPM-Arboleda. Esta descripción tuvo en cuenta los elementos de entrada, método de valoración y demás aspectos relacionados con el cálculo y análisis de resultados.

Tabla 4. *Descripción de las diferencias y similitudes entre el método Leopold y el EPM-Arboleda*

Característica	Método Leopold	Método EPM-Arboleda
Elementos de entrada	Se toman los ASPI seleccionados de la matriz de evaluación de aspectos ambientales que se denominan acciones y los factores socioambientales para construir la matriz de doble entrada.	Se toman los impactos resultantes de la matriz de evaluación de aspectos ambientales, siendo información que ya tiene una valoración previa.
Método de valoración	La valoración se hace de forma cruzada, analizando la manera como la acción o ASPI tomada del proyecto afecta todos los factores identificados a nivel físico, biótico y socioambiental y cultural. Se establece una relación causa efecto con las interacciones de las acciones de las obras y los cambios ambientales.	La valoración se hace de forma individual sobre cada impacto ambiental que se puede generar en el medio ambiente por el proyecto. No se tienen en cuenta interacciones o relaciones causa efecto de los impactos ambientales que se analizan.
Cálculo de valoración	Solo se tienen en cuenta tres elementos, que son la clase (C) (+ o -), la magnitud (M) y la importancia (I) del impacto ambiental. Tiene en cuenta impactos positivos y negativos. No se tienen en cuenta variaciones en el tiempo o diferencia entre efectos de corto o largo plazo.	Se cuenta con escalas detalladas y rangos de datos situaciones que orientan al evaluador para hacer la valoración de la P: presencia, D: duración, E: evolución y M: magnitud de cada impacto ambiental. También tiene en cuenta impactos positivos y negativos.

Nota: Método Leopold, et al. (1971); Método Arboleda (2008)

Tabla 4. (Continuación)

Característica	Método Leopold	Método EPM-Arboleda
	No se cuenta con una metodología para valorar la magnitud y solo depende de la escala de 1 a 10 según el criterio del evaluador.	
Calculo de resultados	Los resultados se obtienen haciendo ponderación de las sumas de los valores dados en las magnitudes e importancia de forma separada. Los resultados de las magnitudes pueden resultar positivos o negativos dependiendo de los efectos de cada interacción. El resultado de la importancia siempre será positivo y se calcula por separado. Ambos datos se colocan dentro de la misma celda separada de forma diagonal. El resultado es cuantitativo.	Los resultados se obtienen aplicando la ecuación del cálculo (Ca), donde $Ca = C(P[7.0 \times EM + 3.0 \times D])$. Se tiene en cuenta un factor de 7.0 y 3.0 para balancear cada parte de la ecuación. El valor resultante también puede darse de forma positiva o negativa según la clase de cada impacto. Hasta acá el resultado es cuantitativo.
Análisis del resultado	Se debe redactar un texto que acompañe el resultado de la matriz con la explicación de los impactos más significativos que se observan en las sumatorias de cada columna y fila, así como las celdas que tienen mayores valores. El análisis del resultado final es cualitativo sobre las interacciones de mayor relevancia.	Se emplea una escala para hacer la calificación final, donde se determina si estos impactos son: muy significativos, relevantes, moderados e irrelevantes para el medio ambiente. El resultado final es cualitativo e individual de cada impacto ambiental.

Nota: Método Leopold, et al. (1971); Método Arboleda (2008)

4.3 Comparación de los Resultados de la Aplicación del Método Leopold y el EPM-Arboleda en la Identificación de Impactos Ambientales

Se analizaron los resultados de la aplicación del método Leopold y el EPM-Arboleda para la valoración de impactos ambientales de la vía urbana principal (ver tabla 3 y tabla 4). El análisis del método Leopold parte de las mayores calificaciones obtenidas en las interacciones, mientras que en EMP Arboleda se utilizó una valoración ponderada para definir la categorización ambiental del proyecto.

4.3.1 Análisis de resultados del Método Leopold. En el primer caso de la matriz de Leopold se tuvo en cuenta que los mayores efectos los producen las acciones de adecuación de vías de acceso y la disposición de materiales sobrantes y escombros. En menor significancia se cuenta con acciones de desmonte y descapote, alteración de cubierta terrestre, excavaciones superficiales, instalaciones temporales de campamentos, funcionamiento de campamentos, residuos sólidos (domésticos, industriales y especiales), disposición de residuos líquidos (del personal y la obra), posibles derrames de lubricantes y aceites, retiro y abandono de instalaciones, recuperación de la subrasante y construcción de capa del pavimento asfáltico.

En la tabla 5 se presentan una clasificación de las interacciones con mayor calificación, teniendo en cuenta el tipo de actividad y los efectos sobre el medio ambiente (ver tabla 5).

Tabla 5. *Clasificación de las interacciones con mayor calificación, teniendo en cuenta el tipo de actividad y los efectos sobre el medio ambiente, mediante el método Leopold*

Tipo de actividad	Causa	Efecto
Actividades preliminares	Contratación de personas, bienes y servicios	Genera un impacto positivo bajo por la contratación de personal y el beneficio en el nivel de ingresos de la comunidad, a pesar que tiene efectos negativos por las alteraciones en el componente demográfico y las dificultades de acceso y movilidad para las personas.
Actividades generales	Vías de acceso a las obras.	Estas actividades tienen un impacto moderado porque pueden ocasionar cambios en las condiciones físico químicas del suelo y perdida importante de la cobertura vegetal.
	Disposición de materiales sobrantes y escombros.	
	Desmonte y descapote.	Las actividades de preparación de la obra, la instalación de los campamentos y las operaciones de personas y equipos no generan un impacto tan alto como las anteriores pero tienen cambio de uso del suelo y perdida de la capa vegetal, así como posibles
	Alteración de cubierta terrestre.	
	Excavaciones superficiales.	
	Instalación y operación temporal de campamentos, instalaciones temporales.	
	Generación y disposición de residuos sólidos.	
	Derrames de lubricantes y aceites.	
		afectaciones por derrames y disposición de desperdicios en aguas superficiales y subterráneas.

Nota: Método Leopold, et al. (1971)

Tabla 5. (Continuación)

Tipo de actividad		Causa	Efecto
Actividades de rehabilitación de la vía	de	Recuperación de la subrasante. Construcción de capa del pavimento asfáltico.	Genera un impacto importante por la contaminación del aire por ruido al operar equipos en la vía y por la disminución del recurso hídrico para el consumo de agua para las labores de la obra en la adecuación de las base y subbase granular y pavimentación.

Nota: Método Leopold, et al. (1971)

4.3.2 Análisis de resultados del método EPM Arboleda. Se aplicó una categorización ambiental del proyecto, tal como lo sugiere la Guía de manejo socio ambiental de la Alcaldía de Medellín (2014) para determinar el nivel del impacto total. Se utilizó una ponderación del peso de los impactos ambientales, siguiendo la siguiente clasificación:

- 5: impactos muy significativos.
- 4: impactos significativos.
- 2: impactos moderados.
- 1: impactos irrelevantes.

La ecuación es:

$$CA = \frac{(NMs \times 5) + (Ns \times 4) + (Nm \times 2) + (Ni \times 1)}{Nt}$$

Donde,

CA: Calificación Ambiental

NMs: Número de Impactos Muy Significativos

Ns: Número de Impactos Significativos

Nm: Número de Impactos Moderados

Ni: Número de Impactos Irrelevantes

Nt: Número total de impactos evaluados

La clasificación utilizada fue:

CALIFICACIÓN AMBIENTAL (puntos)	CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO
1.0 – 1.99	Proyectos de impacto bajo
2.0 - 3.49	Proyectos de impacto medio
3.5 - 5.0	Proyectos de impacto alto

Figura 11. Categorías ambientales de los proyectos

Adaptado de Alcaldía de Medellín. (2014). Decreto 1382 de 2014, el cual establece la obligatoriedad de la Guía de Manejo Socioambiental. Medellín: La Alcaldía.

Tabla 6. Aplicación de los cálculos de la ecuación de ponderación

Impacto ambiental	Nº	Factor	Resultado
Muy significativo	0	4	0
Significativo	40	3	120
Moderado	21	2	42
Irrelevante	133	1	133
Total	194		295

Nota: Método Arboleda (2008)

El resultado es $295/194 = 1,520$

Al aplicar los criterios de la figura 11 se pudo categorizar ambientalmente el proyecto como de bajo impacto (ver tabla 6). Según las directrices de manejo ambiental de la Alcaldía de Medellín (2014), los proyectos que resultar tener un bajo impacto ambiental con calificación inferior a 1,99 deben adoptar acciones mínimas y buenas prácticas de manejo ambiental y social para obras de infraestructura vial.

5. Conclusiones

Se lograron integrar diferentes Actividades del Proyecto Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) que se producen en proyectos de intervención vial, teniendo en cuenta los aportes de diferentes metodologías, las cuales se presentaron en la tabla 1, comparados con la guía socio ambiental de la Alcaldía de Medellín (2014) por tener ésta un enfoque normativo, asegurando un análisis más completo de estas dos herramientas de valoración de impacto ambiental.

Para determinar las diferencias y similitudes entre los métodos analizados en cuanto a valoración de los impactos ambientales, se construyeron dos matrices del mismo proyecto para tener una perspectiva más general y criterios más detallados de la comparación; una de las diferencias obtenidas en el estudio radicó en los elementos de entrada de cada método, ya que el EPM Arboleda tienen en cuenta los resultados de la matriz de evaluación de aspectos ambientales, por lo que tiene un análisis previo que enriquece la valoración que se hace posteriormente, mientras que Leopold por tratarse de una matriz de doble entrada se basa solo en los ASPI seleccionados y en los factores ambientales a nivel físico, biótico y socioeconómico y cultural.

En la comparación de los resultados de la aplicación de las matrices se determinó que EPM Arboleda ofrece un resultado más cualitativo enfocado en valorar directamente cada impacto ambiental que generan las acciones del proyecto vial, mientras que Leopold deja de lado la valoración explícita de los impactos para analizar indirectamente las consecuencias ambientales que puede generar las obras de intervención a través de la calificación de cada interacción entre el proyecto y el entorno.

La aplicación del método Leopold demostró que las obras de rehabilitación de la vía seleccionada produce importantes alteraciones en el suelo y la capa vegetal por las acciones de adecuación de vías de acceso y por la disposición de materiales sobrantes y escombros, mientras que el método EPM Arboleda las afectaciones más significativas corresponden a riesgos para la salud por contaminación del aire y por riesgos de accidentes en el cierre parcial de vías, aunque se observó un impacto positivo en el fomento de la participación ciudadana en la supervisión de las obras.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, en las obras de rehabilitación vial en zonas urbanas debería aplicarse el método EPM Arboleda debido a que le permite al profesional medir la evolución del impacto en el tiempo y hacer un análisis más completo sobre la manera como las diferentes obras afectan las condiciones del entorno, además que simplifica el proceso de categorización ambiental del proyecto de ingeniería para definir las medidas que se deben adoptar para su eventual mitigación.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Guía de Manejo Socioambiental para la construcción de obras de infraestructura pública*. Medellín: La Alcaldía
- Alcaldía de Medellín. (2014). *Obligatoriedad de la Guía de Manejo Socioambiental*. Medellín: La Alcaldía.
- Arboleda, J. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades*. Medellín: El autor.
- Arboleda, J. (2015). *Curso de evaluación de impacto ambiental: Identificación y evaluación de impactos ambientales*. Medellín: El autor.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I. et al. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 2(5), 45-57.
- Barrera, B., Soto, N. & Pérez, S. (2018). Análisis comparativo de los métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 9(2), 1-15.
- Constitución Política de Colombia*. Protección del medio ambiente: artículos 79, 80 y 95. 1991.
- Consultora Ambiental Chile. (2017). *Metodologías de evaluación de impacto ambiental*. Recuperado el 12 de agosto de 2019 de: <https://www.grn.cl/metodologias%20de%20evaluacion%20del%20impacto%20ambiental%20capitulo%203.pdf>
- De la Maza, C. (2007). *Evaluación de impactos ambientales*. *En manejo y conservación de*

- recursos forestales*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, pp. 579-609
- Decreto 2820 de 2010. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales*. (5 de agosto de 2010). Diario oficial.
- Espinoza, G. (2005). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo. Santiago de Chile: BID Centro de Estudios para el Desarrollo.
- Gil, B.; Siso, E. & Jaramillo, Y. (2015). Implicaciones espaciales por la construcción de la autopista regional del sur en el eje La Victoria – San Sebastián de los Reyes, Estado Aragua, Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, 31(49), 121-138.
- Google Earth (2019). *Mapa sector Las Palmas*. Recuperado el 23 de octubre de 2019 de: www.googleearth.com
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional de Vías. (2004). *Matriz de categorización e intervención corredores de mantenimiento integral*. Recuperado el 15 de agosto de 2019 de: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/servicios-al-ciudadano/proyectos-invias/605-matriz-de-administradores-viales/file>
- Instituto Nacional de Vías. (2013). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito*. Bogotá: INVIAS.
- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey Circular.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras*

- disposiciones*. (22 de diciembre de 1993). Diario oficial N° 41.146.
- Martínez, A & Damán, S. (1999). *Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación*. México: Instituto Mexicano de Transporte.
- Martínez, W. (2014). Evaluación del impacto ambiental en obras viales. *Negotium*, 10(29), 5-21.
- Mora, J.; Molina, O. & Sibaja, J. (2016). Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de edificaciones universitarias. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 132-145. doi: 10.18845/tm.v29i3.2893
- Pinto, S. (2007). *Valoración de impactos ambientales*. Sevilla: Inerco.
- Ponce, V. (2017). *The Leopold matrix for evaluating environmental impact*. Recuperado el 10 de julio de 2019 de: http://ponce.sdsu.edu/the_leopold_matrix.html
- Resolución 1935 de 2008. Por la cual se modifica la Resolución 1023 de 2005*. (5 de noviembre de 2008). Diario oficial N° 47.171.
- Rodrigo, M. (2003). Perspectiva ambiental de las vías de comunicación y transporte terrestres. *Revista Transporte Nacional Urbano*, 13(1), 1-12.
- Universidad Nacional Rio Negro. (2013). *Evaluación de impacto ambiental*. Buenos Aires: UNRN.
- Viloria, M., Cadavid, L. & Awad, G. (2018). Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 1-17.

Apéndices

Apéndice A. Identificación de los aspectos ambientales del proyecto de intervención vial

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Contratación de personal, bienes y servicios	Negativo:	Negativo:
	Cambio sobre el componente demográfico	Alteraciones en la composición demográfica de la población
	Afectación en comercio por cierre de vía	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población
	Incertidumbre de la comunidad frente a la obra	
	Alteración en las actividades de comerciantes y empresas	Positivo:
		Estimulación de la economía
	Positivo:	Fomento de la participación ciudadana
	Mayor oferta de empleo	
	Mayor seguridad de la zona	
	Mejor prestación del servicio de la vía	
	Oportunidad para participación ciudadana de la comunidad	
Alteración de cubierta terrestre	Negativo:	Negativo:
	Modificación del paisaje durante la obra	Procesos erosivos
	Procesos de remoción de tierras	Alteración paisajística
	Cambio físico químico del suelo	Alteración del relieve
	Posible contaminación de aguas subterráneas	Contaminación de agua
	Cambios en el flujo de aguas de escorrentía y su cause	Deterioro de la cobertura vegetal
		Afectaciones en la biodiversidad de flora

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Cambios en el hábitat dulceacuícola Alteraciones en la composición de vida hidrobiológica en cuerpos de agua cercanos Daños en la cobertura vegetal Reducción de biodiversidad de la zona Separación de hábitat por trazado de la vía Daño a especies de la zona Cambios demográficos de la población aledaña Generación de expectativas sociales Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Beneficio en actividades económicas para abastecer obra Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Afectaciones en la biodiversidad de fauna Alteración de expectativas sociales Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana
Alteración de drenaje	Negativo: Modificación del paisaje durante la obra Procesos de remoción de tierras Cambio físico químico del suelo Posible contaminación de aguas subterráneas Cambios en el flujo de aguas de	Negativo: Procesos erosivos Alteración paisajística Alteración del relieve Contaminación de agua Deterioro de la cobertura vegetal Afectaciones en la

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	escorrentía y su cause	biodiversidad de flora
	Cambios en el hábitat dulceacuícola	Afectaciones en la
	Alteraciones en la composición de	biodiversidad de fauna
	vida hidrobiológica en cuerpos de	Alteración de expectativas
	agua cercanos	sociales
	Daños en la cobertura vegetal	
	Reducción de biodiversidad de la	Positivo:
	zona	Estimulación de la economía
	Separación de hábitat por trazado de	Fomento de la participación
	la vía	ciudadana
	Daño a especies de la zona	
	Cambios demográficos de la	
	población aledaña	
	Generación de expectativas sociales	
	Positivo:	
	Posible oferta de empleo	
	Mejores ingresos de la población	
	contratada	
	Beneficio en actividades económicas	
	para abastecer obra	
	Mayor gestión y participación	
	ciudadana de la comunidad	
Excavaciones	Negativo:	Negativo:
superficiales	Modificación del paisaje durante la	Procesos erosivos
	obra	Alteración paisajística
	Procesos de remoción de tierras	Alteración del relieve
	Cambio físico químico del suelo	Contaminación de agua
	Posible contaminación de aguas	Deterioro de la cobertura
	subterráneas	vegetal

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Cambios en el flujo de aguas de escorrentía y su cause	Afectaciones en la biodiversidad de flora
	Cambios en el hábitat dulceacuícola	Afectaciones en la biodiversidad de fauna
	Alteraciones en la composición de vida hidrobiológica en cuerpos de agua cercanos	Alteración de expectativas sociales
	Daños en la cobertura vegetal	
	Reducción de biodiversidad de la zona	Positivo: Estimulación de la economía
	Separación de hábitat por trazado de la vía	Fomento de la participación ciudadana
	Daño a especies de la zona	
	Cambios demográficos de la población aledaña	
	Generación de expectativas sociales	
	Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Beneficio en actividades económicas para abastecer obra Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Movilización de materiales de construcción, insumos, maquinaria y equipos	Negativo: Erosión Modificación paisajística Afectación en la calidad del aire Mayores niveles de ruido Cambios en dinámica de empleo	Negativo: Procesos erosivos Alteración paisajística Alteración del relieve Contaminación de agua Contaminación del aire

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Generación de expectativas sociales	Alteración de expectativas sociales
	Positivo:	Alteraciones en la movilidad
	Estabilidad Geotécnica.	de las personas
	Mayores ingresos de la población contratada	Riesgos de accidentes
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Positivo:
		Mejoramiento de estabilidad geotécnica
		Estimulación de la economía
		Fomento de la participación ciudadana
Desmante y descapote	Negativo:	Negativo:
	Erosión	Procesos erosivos
	Modificación Paisajística	Alteración paisajística
	Procesos de remoción de tierras	Alteración del relieve
	Socavación del terreno	Contaminación de agua
	Alteración en las condiciones físico químicas del suelo	Contaminación del aire
	Cambio de uso del suelo	Deterioro de la cobertura vegetal
	Afectación a la calidad del aire	Afectaciones en la
	Mayor nivel de ruido	biodiversidad de flora
	Afectación a la calidad del agua	Afectaciones en la
	Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce	biodiversidad de fauna
	Posible cambios en el hábitat dulceacuícola	Alteración de expectativas sociales
	Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona	Afectaciones a patrimonio cultural
	Daños en la cobertura vegetal	Positivo:

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Daños a la biodiversidad de la zona	Estimulación de la economía
	Daños en la composición florística	Fomento de la participación
	Afectación en la abundancia de vida silvestre	ciudadana
	Separación de hábitat	
	Cambios en concentración de especies que viven cerca de la vía	
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía	
	Posible afectación e patrimonio arqueológico	
	Positivo:	
	Posible oferta de empleo	
	Mejores ingresos de la población contratada	
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Instalación de infraestructura temporal (campamentos, instalaciones temporales)	Negativo:	Negativo:
	Erosión	Procesos erosivos
	Modificación Paisajística	Alteración paisajística
	Procesos de remoción de tierras	Alteración del relieve
	Cambio físico químico del suelo	Contaminación de agua
	Posible contaminación de aguas subterráneas	Contaminación del aire
	Cambios en el flujo de aguas de escorrentía y su cause	Deterioro de la cobertura vegetal
	Cambios en el hábitat dulceacuícola	Afectaciones en la biodiversidad de flora
	Alteraciones en la composición de	Alteración de expectativas

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	vida hidrobiológica en cuerpos de agua cercanos Daños en la cobertura vegetal Reducción de biodiversidad de la zona Separación de hábitat por trazado de la vía Daño a especies de la zona Cambios demográficos de la población aledaña Generación de expectativas sociales Posible afectación e patrimonio arqueológico Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Beneficio en actividades económicas para abastecer obra Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	sociales Afectaciones a patrimonio cultural Positivo: Mejoramiento de estabilidad geotécnica Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana
Operación de campamentos e instalaciones temporales	Negativo: Erosión Modificación Paisajística Cambio físico químico del suelo Afectación en la calidad del aire Mayores niveles de ruido Afectación a la calidad del agua Cambio en el transporte de aguas de	Negativo: Procesos erosivos Alteración paisajística Alteración del relieve Contaminación de agua Contaminación del aire Deterioro de la cobertura vegetal

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona Modificaciones en el uso del suelo Cambios en la seguridad pública Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Nuevas actividades económicas Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Alteración de expectativas sociales Generación de inseguridad Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana
Adecuación de vías de acceso	Negativo: Erosión Modificación Paisajística Procesos de remoción de tierras Socavación del terreno Alteración en las condiciones físico químicas del suelo Cambio de uso del suelo Afectación a la calidad del aire Mayor nivel de ruido Afectación a la calidad del agua Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola	Negativo: Procesos erosivos Alteración paisajística Alteración del relieve Contaminación de agua Contaminación del aire Deterioro de la cobertura vegetal Afectaciones en la biodiversidad de flora Alteración de expectativas sociales Alteraciones en la movilidad de las personas Riesgos de accidentes

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona	Positivo:
	Daños en la cobertura vegetal	Mejoramiento de estabilidad geotécnica
	Daños a la biodiversidad de la zona	Estimulación de la economía
	Daños en la composición florística	Fomento de la participación ciudadana
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía	
	Menor acceso y movilidad por la zona	
	Afectaciones a la salud pública	
	Positivo:	
	Estabilidad Geotécnica.	
	Posible oferta de empleo	
	Mejores ingresos de la población contratada	
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Transporte y almacenamiento de combustibles	Negativo:	Negativo:
	Erosión	Procesos erosivos
	Modificación Paisajística	Alteración paisajística
	Posible contaminación de aguas subterráneas	Contaminación de agua
	Afectación en la calidad del aire	Contaminación de aire
	Mayores niveles de ruido	Alteración de expectativas sociales
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía	Alteraciones en la movilidad de las personas
	Menor acceso y movilidad por la zona	Riesgos de accidentes
	Afectaciones a la salud pública	Positivo:

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Positivo:	Estimulación de la economía
	Posible oferta de empleo	Fomento de la participación
	Mejores ingresos de la población contratada	ciudadana
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Almacenamiento de materiales e insumos (Acopio)	Negativo:	Negativo:
	Erosión	Procesos erosivos
	Modificación Paisajística	Alteración paisajística
	Posible contaminación de aguas subterráneas	Contaminación de agua
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía	Alteración de expectativas sociales
	Menor acceso y movilidad por la zona	Alteraciones en la movilidad de las personas
	Afectaciones a la salud pública	Riesgos para la salud por contaminación
	Positivo:	Positivo:
	Posible oferta de empleo	Estimulación de la economía
	Mejores ingresos de la población contratada	Fomento de la participación ciudadana
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Generación de residuos sólidos (industriales)	Negativos:	Negativo:
	Cambio físico químico del suelo	Alteración del relieve
	Posible contaminación de aguas subterráneas	Contaminación de aguas subterráneas
	Cambios en el flujo de aguas de escorrentía y su cause	Contaminación del aire
	Cambios en el hábitat dulceacuícola	Deterioro de la cobertura vegetal

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Alteraciones en la composición de vida hidrobiológica en cuerpos de agua cercanos	Afectaciones en la biodiversidad de flora
	Daños en la cobertura vegetal	Alteración de expectativas sociales
	Reducción de biodiversidad de la zona	Riesgos para la salud por contaminación
	Separación de hábitat por trazado de la vía	Positivo:
	Daño a especies de la zona	Estimulación de la economía
	Cambios demográficos de la población aledaña	Fomento de la participación ciudadana
	Generación de expectativas sociales	
	Posible afectaciones a la salud pública	
	Positivos:	
	Beneficio en actividades económicas para abastecer obra	
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Disposición de residuos líquidos (industriales)	Negativo:	Negativo:
	Procesos de remoción de tierras	Alteración paisajística
	Socavación del terreno	Desestabilización del terreno
	Alteración en las condiciones físico químicas del suelo	Contaminación de aguas subterráneas
	Cambio de uso del suelo	Alteración de expectativas sociales
	Afectación a la calidad del aire	
	Mayor nivel de ruido	Riesgos para la salud por contaminación
	Afectación a la calidad del agua	

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona Afectaciones a la salud pública Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana
Derrames de lubricantes y aceites	Negativo: Procesos de remoción de tierras Socavación del terreno Alteración en las condiciones físico químicas del suelo Cambio de uso del suelo Afectación a la calidad del aire Mayor nivel de ruido Afectación a la calidad del agua Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona Afectaciones a la salud pública	Negativo: Alteración paisajística Desestabilización del terreno Contaminación de aguas subterráneas Alteración de expectativas sociales Riesgos para la salud por contaminación Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Captación de aguas para uso de la obra	Negativo: Erosión Modificación Paisajística Procesos de remoción de tierras Socavación del terreno Posible contaminación de aguas subterráneas Consumo de recurso hídrico Cambios en el flujo de aguas de escorrentía y su cause Cambios en el hábitat dulceacuícola Alteraciones en la composición de vida hidrobiológica en cuerpos de agua cercanos Incertidumbre en la comunidad por la obra Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Negativo: Procesos erosivos Alteración paisajística Deterioro de la cobertura vegetal Alteración de expectativas sociales Generación de inseguridad Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Disposición de materiales sobrantes y escombros	Negativo:	Negativo:
	Erosión	Procesos erosivos
	Modificación Paisajística	Alteración paisajística
	Procesos de remoción de tierras	Alteración del relieve
	Socavación del terreno	Desestabilización geotécnica
	Alteración en las condiciones físico químicas del suelo	Contaminación del aire
	Cambio de uso del suelo	Deterioro de la cobertura vegetal
	Afectación a la calidad del aire	Afectaciones en la biodiversidad de flora
	Mayor nivel de ruido	Alteración de expectativas sociales
	Afectación a la calidad del agua	Alteraciones en la movilidad de las personas
	Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce	Riesgos de accidentes
	Posible cambios en el hábitat dulceacuícola	Afectaciones a patrimonio cultural
	Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona	
	Daños en la cobertura vegetal	
	Daños a la biodiversidad de la zona	Positivo:
	Daños en la composición florística	Estimulación de la economía
	Afectación en la abundancia de vida silvestre	Fomento de la participación ciudadana
	Separación de hábitat	
	Cambios en concentración de especies que viven cerca de la vía	
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía	
	Posible afectación e patrimonio arqueológico	

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	Negativo: Erosión Modificación Paisajística Procesos de remoción de tierras Socavación del terreno Alteración en las condiciones físico químicas del suelo Cambio de uso del suelo Afectación a la calidad del aire Mayor nivel de ruido Afectación a la calidad del agua Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía Menores vías de acceso Posible afectación e patrimonio arqueológico	Negativo: Procesos erosivos Alteración paisajística Alteración del relieve Desestabilización geotécnica Contaminación del aire Deterioro de la cobertura vegetal Alteración de expectativas sociales Alteraciones en la movilidad de las personas Riesgos de accidentes Afectaciones a patrimonio cultural Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Recuperación de la subrasante	Negativo: Afectación a la calidad del aire Mayor nivel de ruido Afectación a la calidad del agua Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía Menor acceso y movilidad de habitantes Afectación a la salud pública Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Negativo: Contaminación del aire Contaminación de agua Alteración de expectativas sociales Cambios en la situación espacial donde se concentra la población Generación de inseguridad vial Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana
Construcción de capa del pavimento	Negativo: Afectación a la calidad del aire	Negativo: Contaminación del aire

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
asfáltico	Mayor nivel de ruido	Contaminación de agua
	Afectación a la calidad del agua	Alteración de expectativas sociales
	Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población
	Posible cambios en el hábitat dulceacuícola	Generación de inseguridad vial
	Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona	
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía	Positivo: Estimulación de la economía
	Menor acceso y movilidad de habitantes	Fomento de la participación ciudadana
	Afectación a la salud pública	
	Positivo:	
	Posible oferta de empleo	
	Mejores ingresos de la población contratada	
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	
Recuperación de las obras hidráulicas existentes	Negativo:	Negativo:
	Afectación a la calidad del aire	Contaminación de agua
	Mayor nivel de ruido	Alteración de expectativas sociales
	Afectación a la calidad del agua	Cambios en la situación espacial donde se concentra la población
	Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce	Generación de inseguridad vial
	Posible cambios en el hábitat dulceacuícola	
	Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona	Positivo:

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
	Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía Menor acceso y movilidad de habitantes Afectación a la salud pública Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana
Obras de arte y urbanismo (alcantarillas, cunetas, andenes y zonas verdes)	Negativo: Cambio en el transporte de aguas de escorrentía y del cauce Posible cambios en el hábitat dulceacuícola Variaciones en la composición hidrobiológica de la zona Incertidumbre en la comunidad por funcionamiento de la vía Menor acceso y movilidad de habitantes Positivo: Posible oferta de empleo Mejores ingresos de la población contratada Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	Negativo: Alteración del cauce de aguas lluvia Alteración de expectativas sociales Cambios en la situación espacial donde se concentra la población Positivo: Estimulación de la economía Fomento de la participación ciudadana

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Señalización	Negativo:	Alteración paisajística
	Erosión del terreno	Deterioro de la cobertura vegetal
	Modificación Paisajística	Alteración de expectativas sociales
	Cambios en el uso del suelo	
	Incertidumbre en la comunidad por cambios en la vía	
		Positivo:
	Positivo:	Estimulación de la economía
	Posible oferta de empleo	Fomento de la participación ciudadana
	Mejores ingresos de la población contratada	Mejoramiento de la delimitación espacial
	Mayor gestión y participación ciudadana de la comunidad	

Apéndice B. Matriz de aspectos ambientales

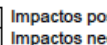
				Act. Preliminares	ACTIVIDADES GENERALES			
				Contratación de mano de obra y compra y/o alquiler de bienes y servicios	Alteración de cubierta terrestre	Alteración de drenajes	Excavaciones superficiales	Movilización de materiales de construcción, insumos, maquinaria y equipos
COMPONENTES AMBIENTALES	Dimensión	Componente	Impacto					
	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión					
			Modificación Paisajística					
			Procesos de Remoción en Masa					
			Socavación					
			Estabilidad Geotécnica.					
		Suelo	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo					
			Cambio de uso					
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas					
			Modificación del nivel freático					
		Aire	Deterioro de la calidad del aire					
			Aumento en decibeles de ruido					
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua					
			Disminución del recurso hídrico					
			Disminución en la capacidad de transporte					
			Alteración del cauce					
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Ecosistemas dulceacuicolas	Afectación de la calidad del hábitat dulceacuícola					
			Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas					
		Flora	Pérdida de la cobertura vegetal					
			Pérdida de biodiversidad					
			Cambio en la estructura y composición florística					
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre					
			Fragmentación del hábitat					
			Afectación de especies focales (IUCN, CITES, migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)					
		DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía / Población	Cambio sobre el componente demográfico				
	Procesos Económicos		Cambio en la dinámica de empleo					
			Cambio en los ingresos de la población					
			Cambio en las actividades económicas					
			Cambio económico por modificación uso del suelo					
	Procesos Sociopolíticos		Generación de expectativas sociales					
			Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad					
			Cambios en la seguridad pública					
	Dimensión Espacial		Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales					
Cambio en el acceso y movilidad								
Afectación a la salud pública								
Dimensión Cultural	Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico							

Impactos positivos

Impactos negativos

 Impactos positivos
 Impactos negativos

				ACTIVIDADES GENERALES					
				Desmonte y descapote	Instalación de infraestructura temporal (campamentos, instalaciones temporales)	Operación de campamentos e instalaciones temporales	Adecuación de vías de acceso	Transporte y almacenamiento de combustibles	Almacenamiento de materiales e insumos (Acopio)
C O M P O N E N T E S A M B I E N T A L E S	Dimensión	Componente	Impacto						
	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión						
			Modificación Paisajística						
			Procesos de Remoción en Masa						
			Socavación						
			Estabilidad Geotécnica.						
		Suelo	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo						
			Cambio de uso						
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas						
			Modificación del nivel freático						
		Aire	Deterioro de la calidad del aire						
			Aumento en decibeles de ruido						
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua						
			Disminución del recurso hídrico						
			Disminución en la capacidad de transporte						
			Alteración del cauce						
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Ecosistemas dulceacuicolas	Afectación de la calidad del hábitat dulceacuícola						
			Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas						
		Flora	Pérdida de la cobertura vegetal						
			Pérdida de biodiversidad						
			Cambio en la estructura y composición florística						
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre						
			Fragmentación del hábitat						
			Afectación de especies focales (IUCN, CITES, migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)						
	DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía / Población	Cambio sobre el componente demográfico						
		Procesos Económicos	Cambio en la dinámica de empleo						
			Cambio en los ingresos de la población						
			Cambio en las actividades económicas						
			Cambio económico por modificación uso del suelo						
		Procesos Sociopolíticos	Generación de expectativas sociales						
			Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad						
			Cambios en la seguridad pública						
		Dimensión Espacial	Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales						
			Cambio en el acceso y movilidad						
			Afectación a la salud pública						
		Dimensión Cultural	Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico						

 Impactos positivos
 Impactos negativos

				ACTIVIDADES GENERALES					
				Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	Disposición de residuos líquidos (domésticos e industriales)	Derrames de lubricantes y aceites	Captación de aguas para uso de la obra	Disposición de materiales sobrantes y escombros	Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales
COMPONENTES AMBIENTALES	Dimensión	Componente	Impacto						
	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión						
			Modificación Paisajística						
			Procesos de Remoción en Masa						
			Socavación						
			Estabilidad Geotécnica						
		Suelo	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo						
			Cambio de uso						
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas						
			Modificación del nivel freático						
		Aire	Deterioro de la calidad del aire						
			Aumento en decibeles de ruido						
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua						
			Disminución del recurso hídrico						
			Disminución en la capacidad de transporte						
			Alteración del cauce						
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Ecosistemas dulceacuicolas	Afectación de la calidad del hábitat dulceacuícola						
			Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas						
		Flora	Perdida de la cobertura vegetal						
			Pérdida de biodiversidad						
			Cambio en la estructura y composición florística						
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las oomunidades de fauna silvestre						
			Fragmentación del hábitat						
			Afectación de especies focales (IUCN, CITES, migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)						
	DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía / Población	Cambio sobre el componente demográfico						
			Cambio en la dinámica de empleo						
		Procesos Económicos	Cambio en los ingresos de la población						
			Cambio en las actividades económicas						
			Cambio económico por modificación uso del suelo						
			Generación de expectativas sociales						
		Procesos Sociopolíticos	Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad						
			Cambios en la seguridad pública						
		Dimensión Espacial	Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales						
			Cambio en el acceso y movilidad						
			Afectación a la salud pública						
		Dimensión Cultural	Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico						

 Impactos positivos
  Impactos negativos

				REHABILITACIÓN DE LA VÍA				
				Recuperación de la subrasante	Construcción de capa del pavimento asfáltico	Recuperación de las obras hidráulicas existentes	Obras de arte y urbanismo (alcantarillas, cunetas, andenes y zonas verdes)	Señalización
COMPONENTES AMBIENTALES	Dimensión	Componente	Impacto					
	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión					
			Modificación Paisajística					
			Procesos de Remoción en Masa					
			Socavación					
			Estabilidad Geotécnica.					
		Suelo	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo					
			Cambio de uso					
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas					
			Modificación del nivel freático					
		Aire	Deterioro de la calidad del aire					
			Aumento en decibeles de ruido					
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua					
			Disminución del recurso hídrico					
			Disminución en la capacidad de transporte					
			Alteración del cauce					
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Ecosistemas dulceacuicolas	Afectación de la calidad del hábitat dulceacuícola					
			Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas					
		Flora	Pérdida de la cobertura vegetal					
			Pérdida de biodiversidad					
			Cambio en la estructura y composición florística					
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre					
			Fragmentación del hábitat					
			Afectación de especies focales (IUCN, CITES, migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)					
	DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía / Población	Cambio sobre el componente demográfico					
			Cambio en la dinámica de empleo					
		Procesos Económicos	Cambio en los ingresos de la población					
			Cambio en las actividades económicas					
			Cambio económico por modificación uso del suelo					
		Procesos Sociopolíticos	Generación de expectativas sociales					
			Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad					
			Cambios en la seguridad pública					
		Dimensión Espacial	Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales					
			Cambio en el acceso y movilidad					
			Afectación a la salud pública					
		Dimensión Cultural	Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico					

Impactos positivos
Impactos negativos

Apéndice C. Aplicación de la matriz Leopold

				Act. Preliminares
				Contratación de mano de obra y compra y/o alquiler de bienes y servicios
C O M P O N E N T E S A M B I E N T A L E S	Dimensión	Componente	Impacto	
	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión	
			Modificación Paisajística	
			Procesos de Remoción en Masa	
			Socavación	
			Estabilidad Geotécnica.	
		Suelo	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo	
			Cambio de uso	
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas	
			Modificación del nivel freático	
		Aire	Deterioro de la calidad del aire	
			Aumento en decibeles de ruido	
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua	
			Disminución del recurso hídrico	
			Disminución en la capacidad de transporte	
			Alteración del cauce	
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Ecosistemas dulceacuicolas	Afectación de la calidad del hábitat dulceacuicola	
			Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas	
		Flora	Perdida de la cobertura vegetal	
			Pérdida de biodiversidad	
			Cambio en la estructura y composición florística	
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre	
			Fragmentación del hábitat	
			Afectación de especies focales (migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)	
	DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía / Población	Cambio sobre el componente demográfico	-5/6
				-5/7
		Procesos Económicos	Cambio en la dinámica de empleo	-5/5
			Cambio en los ingresos de la población	-5/6
			Cambio en las actividades económicas	
			Cambio económico por modificación uso del suelo	
		Procesos Sociopolíticos	Generación de expectativas sociales	-4/5
			Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad	5/10
			Cambios en la seguridad pública	-2/8
		Dimensión Espacial	Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales	-3/9
			Cambio en el acceso y movilidad	
Afectación a la salud pública				
Dimensión Cultural	Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico			
Nº de Impactos (+)				4
Nº de Impactos (-)				4
Resultado Magnitud				6
Impacto Impacto				56

ACTIVIDADES GENERALES															
Alteración de cubierta terrestre	Alteración de drenajes	Excavaciones superficiales	Movilización de materiales de construcción, insumos, maquinaria y equipos	Desmonte y descapote	Instalación de infraestructura temporal (campamentos, instalaciones temporales)	Operación de campamentos e instalaciones temporales	Adecuación de vías de acceso	Transporte y almacenamiento de combustibles	Almacenamiento de materiales e insumos (Acopio)	Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	Disposición de residuos líquidos (domésticos e industriales)	Derrames de lubricantes y aceites	Captación de aguas para uso de la obra	Disposición de materiales sobrantes y escombros	Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales
-2/8	-1/8	-2/8	-1/2	-1/2	-1/2	-4/7	-5/7	-4/8	-4/7				-2/5	-5/7	-2/5
-3/7	-2/7	-3/7	-2/3	-1/2	-3/4	-5/9	-5/8	-5/7	-6/8		-3/5	-4/6	-2/5	-4/7	-3/4
				-1/2	-2/3		-2/3				-3/5	-3/5	-2/4	-3/5	
				-1/2			-1/2						-1/2	-1/2	
			3/5		2/5		3/5							-2/3	-2/4
-4/9	-3/8	-5/8		-5/8	-3/5	-5/8	-7/8			-8/9				-4/5	-3/5
				-3/7	-5/6									-5/6	-5/6
-3/9	-2/7	-2/7			-1/3			-7/9	-3/5	-5/9	-7/9	-8/10		-2/4	
			-2/5	-2/3		-3/6	-2/6	-1/4		-2/4				-2/4	-2/5
			-6/5	-3/5	-2/5	-4/5	-5/7	-1/4							
-2/9	-4/9	-2/8		-2/5	-2/4	-3/7	-2/5			-3/7	-7/9	-7/10		-2/7	-1/2
					-2/7	-4/7	-2/7			-2/5			-6/8		
-2/8	-5/8	-3/7		-2/6	-2/3	-1/3	-1/5			-1/4				-2/4	-2/3
-1/3	-1/4	-1/3		-1/3	-1/2	-1/3	-1/3							-2/3	
-1/3	-1/3	-1/2		-1/2	-1/2	-1/2	-1/2			-1/2	-3/4	-4/5	-2/4	-1/2	-1/2
-1/5	-1/5	-1/3		-1/2	-1/2	-1/2	-1/3			-1/2	-2/4	-2/4	-1/2	-2/3	-1/2
-4/8	-2/7	-5/7		-5/6	-4/5		-5/7							-3/5	
-3/8		-3/8		-4/8	-2/3		-3/8							-3/4	
				-3/5	-2/5		-3/5							-3/5	
				-3/5											
-2/5	-3/5	-2/5		-3/5											
-2/5	-3/5	-2/5		-2/4											
2/4	2/4	2/4	2/3	2/4	2/4	2/4	2/5	2/4	3/4				1/2	3/4	2/4
3/5	3/5	3/5	3/4	3/5	2/4	3/5	3/5	3/5	3/5				2/3	3/5	3/5
1/3	1/3	1/3			1/3	1/3				-2/5	1/3	1/3			
-5/6	-3/5	-4/5	-5/6	-5/6	-6/7	-5/6	-6/7	-4/5	-5/6	-4/5	-5/6	-6/7	-3/5	-4/5	-5/6
8/9	7/9	7/9	6/8	8/10	7/9	8/10	9/10	7/9	7/8	8/10	8/10	8/10	7/9	7/9	8/10
						-4/7									
			-5/7				-7/9	-7/9	-7/9					-2/3	-3/4
			-3/5				-5/7	-7/8	-5/7	-5/7	-7/8			-3/7	-2/4
				-2/4	-2/4									-2/3	-2/4
4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	2	2	2	3	3	3
14	13	14	7	21	18	13	19	8	6	10	8	7	9	21	14
-21	-18	-23	-10	-36	-28	-27	-47	-24	-17	-26	-28	-25	-11	-44	-21
114	102	104	53	111	97	94	134	72	59	69	63	60	53	113	75

REHABILITACIÓN DE LA VÍA								
Recuperación de la subrasante	Construcción de capa del pavimento asfáltico	Recuperación de las obras hidráulicas existentes	Obras de arte y urbanismo (alcantarillas, cunetas, andenes y zonas verdes)	Señalización	Nº de Impacto (+)	Nº de Impacto (-)	Resultado Magnitud	Resultado Importancia
				-3/5	0	14	-37	81
				-5/8	0	16	-56	97
					0	7	-16	27
					0	4	-4	8
					3	2	4	22
					0	10	-45	73
				-5/8	0	5	-23	33
					0	10	-40	72
					0	0	0	0
-3/5	-2/5				0	10	-21	47
-8/10	-5/8				0	8	-34	49
-2/5	-3/5	-2/5			0	15	-44	97
-2/5	-5/7	-5/7			0	8	-28	53
-1/2	-1/2				0	13	-25	60
-1/2	-1/2	-2/5	-1/3		0	12	-14	36
-1/2	-1/2	-1/2	-1/2		0	17	-23	43
-1/2	-1/2	-1/2	-1/2		0	17	-20	47
					0	7	-28	45
					0	6	-18	39
					0	4	-11	20
					0	1	-3	5
					0	4	-10	20
					0	4	-9	19
-2/5	-2/5	-2/5	-1/3		0	5	-12	24
4/5	4/5	3/5	2/5	2/4	19	0	47	81
3/5	4/5	3/5	3/5	3/5	19	0	58	91
					9	0	10	32
					0	0	0	0
-7/9	-7/9	-6/8	-6/7	-5/6	0	22	-110	137
8/10	8/10	8/10	8/10	8/10	22	0	165	209
					0	2	-8	15
					0	1	-3	9
-7/9	-7/9	-6/8	-5/8		0	10	-56	75
-5/7	-5/7	-4/6		5/7	0	11	-46	80
					0	4	-8	15
3	3	3	3	4	72			
12	12	9	6	4		249		
-25	-24	-15	-2	0			-466	
83	83	68	45	53				1761