

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ELIANA MARCELA LEON ALVERNIA LUISA FERNANDA MEJIA TORRES
FACULTAD	INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	KATERINE CARREÑO GARCIA
TÍTULO DE LA TESIS	ANALISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MANTENIMIENTO DE VIAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN COLOMBIA

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

ACTUALMENTE UN PAIS ES MEDIDO POR LA CANTIDAD Y CALIDAD DE SU INFRAESTRUCTURA VIAL, SE PODRIA DECIR ENTONCES, QUE LAS CARRETERAS CUMPLEN UN PAPEL FUNDAMENTAL EN EL DESARROLLO DE UNA REGION, YA QUE PERMITE EL TRANSPORTE DE ALIMENTOS, CARGA Y PERSONAS DE UN LUGAR A OTRO, GENERANDO UNA RELACION INVERSAMENTE PROPORCIONAL, A MAYOR CANTIDAD DE VIAS MENOR TIEMPO DE TRASLADO, LO QUE EN TERMINOS ECONOMICOS SIGNIFICA UNA MAYOR PRODUCTIVIDAD.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 133	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 45	CD-ROM: 1
--------------	---------	-------------------	-----------



**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MANTENIMIENTO
DE VÍAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN COLOMBIA**

AUTORAS

ELIANA MARCELA LEÓN ALVERNIA

LUISA FERNANDA MEJÍA TORRES

Trabajo de grado modalidad monografía presentado para obtener el título de ingenieras civiles

DIRECTORA

KATERINE CARREÑO GARCÍA

Ing. Civil, Magister.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

septiembre, 2020

“Quizás el trabajo más agradecido es aquel que refleja el fruto de tus esfuerzos y la necesidad de sentir el deber y querer cumplido, una y otra vez le pedimos al tiempo lo posible y dejamos de ser parte de la rutina por un propósito que nos une como sentimiento de superación.

El reconocimiento más sincero es aquel que eleva nuestro ser al grado de satisfacción por la formación impregnada desde la humanidad de la academia, hoy con orgullo confiamos este proyecto de vida a familiares y amigos cercanos que motivaron y no dejaron olvidar la verdadera razón por la que emprendimos este viaje de conocimiento.”

ELIANA MARCELA LEÓN ALVERNIA

LUISA FERNANDA MEJÍA TORRES

Índice

Capítulo 1. Antecedentes históricos de las vías terrestres y sus mantenimientos viales a nivel nacional y su afectación al medio ambiente	1
1.1. Antecedentes históricos de las vías terrestres en Colombia.....	1
1.2. Antecedentes históricos de los pavimentos de concreto y los mantenimientos viales en Colombia.....	4
1.3. Normatividad Jurídica.....	7
1.3.1. Constitución Política de 1991.	7
1.3.2. Decreto 1541 de 1978.	9
1.3.3. Ley 99 de 1999.....	10
1.3.4. Decreto 4728 del 2010.	12
1.3.5. Decreto 2820 de 2010.	13
1.4. Normatividad interna de Invias en el mantenimiento de vías.....	15
1.5. Métodos para la aplicación de los impactos ambientales con relación a los mantenimientos Viales	15
1.5.1. Método Arboleda.	15
1.5.1.1. Procedimiento para la evaluación.	16
1.5.1.2. Factores de impacto ambiental.....	17
1.5.1.3. Criterios de evaluación de los impactos ambientales.	21
1.5.1.4. Cálculo de la calificación ambiental del impacto método Arboleda.	22
1.5.1.5. Clasificación de rangos para impactos método Arboleda.....	23
1.5.2. Método Conesa.	24

	iv
1.5.2.1. Aspectos de identificación ambiental.	24
1.5.2.2. Medios y factores del impacto ambiental.	25
1.5.2.3. Criterios de evaluación de los impactos ambientales.	30
1.5.2.4. Cálculo del índice del impacto.....	31
1.5.2.5. Clasificación de rangos para impactos.....	32
1.5.3. Método Leopold.....	33
1.5.3.1. Consideraciones generales.	34
1.5.3.2. Identificación de las interacciones existentes.	34
1.5.3.3. Criterios de evaluación de los impactos ambientales.	40
Capítulo 2. Evaluación preliminar de los impactos ambientales en relación a los diez proyectos de mantenimiento vial en Colombia	42
2.1. Reconocimiento y evaluación preliminar de los diez proyectos seleccionados de Mantenimiento vial en Colombia.....	42
2.2. Elaboración de la matriz de meta – análisis, para identificación de las actividades con respecto a los proyectos	44
2.3. Aplicación de los tres métodos a los proyectos	49
2.3.1. Aplicación método Arboleda a cada uno de los diez (10) proyectos.....	49
2.3.2. Aplicación método Conesa a cada uno de los diez (10) proyectos.	49
2.3.3. Aplicación método Leopold a cada uno de los diez (10) proyectos.	49
2.4. Análisis de los métodos aplicados en los diez (10) proyectos	50
2.4.1. Análisis de los resultados del método Arboleda.....	50
2.4.1.1. Impactos ambientales generados por los factores físicos.	50
2.4.1.2. Impactos ambientales generados por los factores bióticos.	51

	v
2.4.1.3. Impactos ambientales generados por los factores sociales.	52
2.4.1.4. Impactos ambientales más relevantes de los proyectos.	53
2.4.1.5. Actividades de mayor impacto ambiental de los proyectos.	59
2.4.2. Análisis de los resultados del método Conesa.	63
2.4.2.1. Impactos ambientales generados por los factores físicos.	63
2.4.2.2. Impactos ambientales generados por los factores bióticos.	64
2.4.2.3. Impactos ambientales generados por los factores sociales.	65
2.4.2.4. Impactos ambientales más relevantes de los proyectos.	66
2.4.3. Análisis de los resultados del método Leopold.	74
2.4.3.1. Impactos ambientales.	74
2.4.3.2. Acciones causales de impacto ambiental.	77
2.4.3.3. Impactos ambientales más relevantes en el método Leopold.	79
2.4.3.4. Actividades de mayor impacto ambiental de los proyectos.	83
2.4.3.5. Acciones ambientales de mayor magnitud.	87
2.4.3.6. Componentes ambientales de mayor magnitud.	88
Capítulo 3. Análisis crítico y contributivo de los datos alcanzados con respecto al impacto ambiental en Colombia	89
3.1. Análisis crítico de los resultados de la evaluación de impacto ambiental, de los métodos de estudio en los 10 proyectos	89
3.1.1. Análisis crítico del método Arboleda.	89
3.1.2. Análisis crítico del método Conesa.	92
3.1.3. Análisis crítico del método Leopold.	95

3.2. Análisis crítico de los resultados de la evaluación de impacto ambiental, en los tres (3) métodos de estudio.....	98
3.2.1. Impactos ambientales negativos.	98
3.2.2. Impactos ambientales positivos.	99
3.2.3. Actividades de mayor incidencia de impacto negativo.....	100
3.2.4. Actividades de mayor incidencia de impacto positivo.	100
3.3. Contribuciones y valores agregados a las buenas prácticas con relación al impacto ambiental en la ingeniería civil.....	101
Conclusiones.....	103
Referencias.....	105
Apéndice	110

Tablas

Tabla 1. <i>Factores físicos de impactos ambientales método Arboleda</i>	17
Tabla 2. <i>Factores bióticos de impactos ambientales método Arboleda</i>	19
Tabla 3. <i>Factores sociales de impactos ambientales método Arboleda</i>	20
Tabla 4. <i>Criterios de evaluación de los impactos ambientales método Arboleda</i>	21
Tabla 5. <i>Clasificación de rangos para impactos método Arboleda</i>	23
Tabla 6. <i>Factores físicos de impactos ambientales método Conesa</i>	26
Tabla 7. <i>Factores bióticos de impactos ambientales método Conesa</i>	28
Tabla 8. <i>Factores sociales de impactos ambientales método Conesa</i>	29
Tabla 9. <i>Criterios de evaluación de los impactos ambientales método Conesa</i>	30
Tabla 10. <i>Clasificación de rangos para impactos negativos método Conesa</i>	32
Tabla 11. <i>Clasificación de rangos para impactos positivos método Conesa</i>	33
Tabla 12. <i>Acciones propuestas por la actividad del proyecto método Leopold</i>	35
Tabla 13. <i>Impactos determinados por los factores ambientales método Leopold</i>	38
Tabla 14. <i>Proyectos de mantenimiento vial utilizados en el estudio</i>	42
Tabla 15. <i>Matriz de meta – análisis para identificación de las actividades de los proyectos</i>	45
Tabla 16. <i>Número de impactos ambientales identificados en el método Arboleda</i>	53
Tabla 17. <i>Impactos ambientales más relevantes en el método Arboleda</i>	54
Tabla 18. <i>Número de actividades de mayor impacto ambiental identificados en el método</i> <i>Arboleda</i>	59
Tabla 19. <i>Actividades de mayor impacto ambiental en el método Arboleda</i>	60
Tabla 20. <i>Número de impactos ambientales identificados en el método Conesa</i>	66
Tabla 21. <i>Impactos ambientales más relevantes en el método Conesa</i>	67

Tabla 22. <i>Número de actividades de mayor impacto ambiental identificadas en el método Conesa</i>	71
Tabla 23. <i>Actividades de mayor impacto ambiental en el método Conesa</i>	72
Tabla 24. <i>Impactos ambientales más relevantes en el método Leopold</i>	79
Tabla 25. <i>Actividades de mayor impacto ambiental identificados en el método Leopold</i>	83

Figuras

<i>Figura 1.</i> Carguero indígena. Breve reseña histórica de las vías.....	2
<i>Figura 2.</i> Caminos reales de la Nueva Granada. Breve reseña histórica de las vías	4
<i>Figura 3.</i> Medios de aplicación del impacto ambiental.....	25
<i>Figura 4.</i> Criterio, categoría y valor asignado método Conesa	41
<i>Figura 5.</i> Impactos ambientales negativos más relevantes en el método Arboleda	55
<i>Figura 6.</i> Impactos ambientales positivos más relevantes en el método Arboleda	56
<i>Figura 7.</i> Impactos ambientales negativos máximos y mínimos en el método Arboleda	57
<i>Figura 8.</i> Impactos ambientales positivos máximos y mínimos en el método Arboleda	58
<i>Figura 9.</i> Actividades de mayor impacto ambiental negativo en el método Arboleda	61
<i>Figura 10.</i> Actividades de mayor impacto ambiental positivo en el método Arboleda	62
<i>Figura 11.</i> Impactos ambientales más relevantes en el método Conesa.....	68
<i>Figura 12.</i> Impactos ambientales negativos máximos y mínimos en el método Conesa	69
<i>Figura 13.</i> Impactos ambientales positivos máximos y mínimos en el método Conesa	70
<i>Figura 14.</i> Actividades de mayor impacto ambiental positivo y negativo en el método Conesa.	73
<i>Figura 15.</i> Impactos ambientales negativos más relevantes en el método Leopold.....	81
<i>Figura 16.</i> Impactos ambientales positivos más relevantes en el método Leopold.....	82
<i>Figura 17.</i> Actividades de mayor impacto ambiental negativo en el método Leopold	85
<i>Figura 18.</i> Actividades de mayor impacto ambiental positivo en el método Leopold.....	86
<i>Figura 19.</i> Acciones ambientales de mayor magnitud en el método Leopold	87
<i>Figura 20.</i> Componentes ambientales de mayor magnitud en el método Leopold	88

Introducción

En los últimos años se han presentado unas progresivas preocupaciones con relación a las consecuencias dadas en las obras de construcción que se dan en las carreteras del país con respecto a las afectaciones producidas a la biodiversidad y a la poca protección que se le deben brindar a los recursos naturales, ya que, estas construcciones no se realizan de la mejor manera aplicando todos los protocolos, es así, que estaríamos frente a una afectación grave, que en últimas tendría como relevancia el daño a la biodiversidad de nuestro país y a nuestra sociedad en general. No obstante, hoy en día existe un compromiso no solo a nivel nacional sino a nivel internacional donde el ser humano en cabeza de sus mandatarios, lo que buscan mancomunadamente es el avance de la modernidad pero de la mano directa hacia una protección del entorno natural que nos rodea, pero cabe anotar, que en muchas ocasiones tanto al Gobierno local como el nacional se les ha salido de las manos el control verdadero sobre estas afectaciones en que se ve implícito nuestro ecosistema.

Además de lo anterior, el progreso y desarrollo de las regiones, implica una serie de actividades que generan afectaciones al medio ambiente, modificando de manera directa las diversas formas de vida del planeta y cambiando continuamente el uso de los suelos.

Como bien se sabe, un país es medido por la cantidad y calidad de su infraestructura vial, se podría decir entonces, que las carreteras cumplen un papel fundamental en el desarrollo de una región, ya que permite el transporte de alimentos, carga y personas de un lugar a otro, generando

una relación inversamente proporcional, a mayor cantidad de vías menor tiempo de traslado, lo que en términos económicos significa una mayor productividad

Con base a lo anteriormente expuesto, las comunidades se preocupan diariamente por generar vías que sean competitivas, con materiales que permitan su apertura en tiempos cada vez más rápidos y que prolonguen su vida útil, para garantizar que todas las personas tengan la facilidad de trasladarse en tiempos cada vez más cortos.

No obstante, las construcciones de carreteras o vías nacionales son actividades que se encuentran relacionadas con las disímiles afectaciones de tipo ambiental, entre las cuales son tan notorias por ejemplo las reducciones o aminoraciones de bosques naturales o vírgenes, a las fuentes hídricas, la afectación en relación al hábitat de las especies tanto de fauna como de flora como también la erosión al suelo, entre otros; igualmente, se ha dejado en descubierto los grandes consumos energéticos los cuales se encuentran asociados a las extracciones, transferencia y construcciones de pavimentos, los cuales generan indiscutiblemente una mayor emisión de gases conllevando todo esto a desmejorar la calidad del aire que sin duda alguna el único afectado es el medio ambiente y que por ende contribuye al efecto invernadero.

Por tal motivo, algunos autores han establecido la importancia de la determinación de impactos ambientales dentro de las diversas actividades ingenieriles. De acuerdo con Vallejo (2016), “es importante que se realice una identificación de impactos ambientales asociados a la

etapa de diseño y ejecución de un proyecto vial, con el fin de tomar oportunamente medidas preventivas, correctivas y de mitigación, a través de Planes de Gestión Integral de Obra (PGIO)”. (Vallejo, 2016).

Por otra parte, no sólo la elaboración de vías nuevas tiene afectaciones en el medio ambiente, sino también las actividades llevadas a cabo con el fin de preservar la vida de la infraestructura vial, entre ellas podemos identificar mantenimientos preventivos y correctivos, los cuales tienen fines específicos, el primero evitar que la infraestructura falle y el segundo corregir los daños que se han presentado en la superficie de la infraestructura vial.

Es de esta manera y teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, es de suma importancia tener en cuenta lo que describe el consorcio Vial Helios donde describe lo siguiente:

Es importante reconocer también las afectaciones ambientales que se producen dentro de los proyectos asociados a mantenimientos de vías, ya que hacen parte de las actividades de construcción más relevantes para el país, y su elaboración significa una gran cantidad de riesgos para el medio ambiente, entre ellos la desestabilización del componente físico, principalmente el suelo, no solo por la obra vial en sí, sino por la existencia de ecosistemas frágiles con alta susceptibilidad a la intervención de ingeniería. (Consortio Vial Helios, 2016).

En este orden de ideas, el objetivo primordial de la presente monografía es analizar las condiciones en que se desarrollan los proyectos de infraestructura vial de tipo asfáltico y la manera como se apropian los métodos de evaluación de impacto ambiental de parte de los ingenieros civiles. En este sentido, se seleccionarán 10 proyectos viales en los cuales se realizó el

mantenimiento de vías en pavimento asfáltico y se evaluara el análisis de impacto ambiental por medio de tres métodos diferentes que serán Arboledas, Leopold y Conesa.

En el caso del método de Arboledas, fue desarrollado por las Empresas Públicas de Medellín y fue pensada para proyectos hidroeléctricos, pero debido a su conveniencia se ha ampliado su uso a otro tipo de infraestructuras, entre los que se encuentran las viales. Actualmente, cuenta con la aprobación de autoridades ambientales colombianas y otras internacionales, tales como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. “La escala de valoración se maneja de 0 a 1, donde 0 es una apreciación nula y 1 es la más alta para calificar los criterios de presencia, duración, evolución y magnitud de cada impacto”. (Cancino, 2013).

El método Leopold fue desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos y consiste en una matriz que establece las relaciones causa-efecto entre las condiciones de un proyecto y los factores ambientales que puede afectar. “La valoración se realiza a partir de la valoración de la magnitud y la importancia del impacto dentro de una escala de 1 a 10, donde 1 es casi nulo y 10 muy alto”. (Cotán, 2007).

Por último, el método Conesa fue diseñado por un ingeniero español llamado Vicente Conesa, pero su aplicación es más compleja que las anteriores, por lo que se han depurado las valoraciones para hacer una herramienta más simplificada, aunque la escala de valoración es variable en cada criterio, los cuales son: presencia, duración, evolución, magnitud, extensión, reversibilidad y mitigabilidad de los impactos ambientales. (Conesa, 1993).

En los tres métodos se tendrán en cuenta los mismos Aspectos Susceptibles de Producir Impacto (ASPI) y los factores ambientales y sociales del entorno. Para las ASPI se utilizarán las tres etapas de la ejecución de los proyectos viales, los cuales son:

1. Consecución de los materiales,
2. Transporte y
3. Utilización en obra, lo que incluye la utilización de equipos en obra o maquinaria y demás etapas en el mantenimiento de una vía.

Los factores ambientales estarán integrados por los componentes físicos (paisaje, aire y suelo), bióticos (flora y fauna) y socioeconómicos (empleo, ingresos, demanda de bienes y servicios, seguridad).

De esta manera, se podrán analizar de forma organizada y comparativa los proyectos de mantenimiento vial frente a las afectaciones que pueden producir en el medio ambiente, por lo que se podrán plantear al final del estudio acciones para que los profesionales de ingeniería civil puedan tomar medidas apropiadas para la valoración de los impactos ambientales en el mantenimiento de vías de tipo asfáltico y por lo tanto, aplicar programas de prevención, mitigación y compensación.

Este trabajo estará delimitado con relación al impactos ambiental asociados al mantenimiento de las vías terrestres en Colombia, a partir del análisis de diferentes estudios específicos que se han desarrollado durante los últimos 5 años en la etapa de mantenimiento de pavimentos flexibles (pavimentos asfálticos). Estos estudios serán tomados del Instituto Nacional de Vías y repositorios nacionales, pero el análisis se centrará en el uso y pertinencia de diferentes métodos de valoración de impacto ambiental que se han aplicado en Colombia.

Los métodos de impacto ambiental que servirán de base para analizar la información, corresponden a Arboledas, Leopold y Conesa, por tratarse de los más utilizados a nivel nacional para analizar las afectaciones que se producen al entorno y brindar una valoración en base al beneficio que presentan, en este orden de ideas, es preciso especificar que se realizará una evaluación de los efectos positivos y negativos (ventajas y desventajas), para brindar un punto de vista amplio y crítico sobre el aporte al mantenimiento vial, en comparación, con el costo ambiental que significan.

Resumen

La ingeniería civil y La infraestructura vial es uno de los campos de acción de la ingeniería que más apuesta al crecimiento y desarrollo de las regiones, ya que permite el movimiento de personas, carga y animales de un lugar a otro en tiempos cada vez más reducidos.

Por tal motivo, el mantenimiento de vías toma un auge cada vez mayor en las comunidades, debido a que por medio de estas actividades se logra preservar y conservar la vida del pavimento garantizando buenas condiciones en la infraestructura. Sin embargo, todas estas actividades generan una gran cantidad de impactos ambientales, es una de las carreras que más apuesta al crecimiento y desarrollo de las regiones, debido a los diversos campos de acción, en este caso en específico al mantenimiento vial terrestre, no obstante, al realizarse estos tipos de mantenimientos se podría estar al frente de una serie de impactos que afectan directamente al medio ambiente y a la salud de las personas.

En Colombia, básicamente, las carreteras en asfalto corresponden a vías primarias, es decir, aquellas que conforman las troncales, transversales y los accesos a los departamentos (Instituto Nacional de Vías, 2008), por lo tanto, son las que mayor intervención tienen y por lo tanto, las que generan mayor impacto al medio ambiente.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente descrito, el presente trabajo tendrá como finalidad hacer un análisis de los impactos ambientales asociados con el mantenimiento de vías en pavimento flexible en Colombia, mediante el estudio de casos reales, determinando los beneficios y el costo ambiental que tienen de acuerdo a su funcionalidad.

PALABRAS CLAVE: Afectaciones, Carreteras de Asfalto, Impacto Ambiental, Mantenimiento de Vías, Medio Ambiente, Vertimientos, Vías Primarias.

Abstract

Civil engineering and road infrastructure is one of the fields of action of engineering that is most committed to the growth and development of the regions, since it allows the movement of people, cargo and animals from one place to another in increasingly shorter times .

For this reason, the maintenance of roads takes an increasing boom in the communities, because through these activities it is possible to preserve and conserve the life of the pavement guaranteeing good conditions in the infrastructure. However, all these activities generate a large number of is one of the races that most bets on the growth and development of the regions, due to the different fields of action, in this specific case to land road maintenance, however, when carried out These types of maintenance could be in front of a series of impacts that directly affect the environment and people's health.

In Colombia, basically, the asphalt roads correspond to primary roads, that is, those that make up the trunks, cross-sections and accesses to the departments (Instituto Nacional de Vías, 2008), therefore, are the ones that have the greatest intervention and therefore, those that generate the greatest impact on the environment.

Taking into account all the aforementioned, the present work will aim to make an analysis of the environmental impacts associated with the maintenance of flexible pavement roads in Colombia, through the study of real cases, determining the benefits and the environmental cost of according to its functionality.

KEY WORDS: Affectations, Asphalt Roads, Environmental Impact, Road Maintenance, Environment, Discharges, Primary Roads.

Capítulo 1. Antecedentes históricos de las vías terrestres y sus mantenimientos viales a nivel nacional y su afectación al medio ambiente

1.1. Antecedentes históricos de las vías terrestres en Colombia

Una gran parte de vías que existen actualmente en Colombia, fueron trazadas o esbozadas por los caminos que eran utilizados por las colonias existentes para esas épocas, además de las rutas como herraduras que utilizaban los indígenas que era el medio de como transportar sus productos agrícolas, es de esta manera que a medida que iban pasando los años el Gobierno Nacional aprovecho dichos trazos y se guiaron para adecuar estos caminos y convertirlos en carreteras, ya que para la época estaban diseñados para evitar ríos y aprovechar los tipos de topografías que tiene el país.

Las determinaciones de los períodos cobijados por la reglamentación se precisó la primera ley expedida por el Gobierno Republicano de Colombia y con la fortuna del nacimiento del Ministerio de Obras Públicas y Transporte en el año de 1905, cuyo fin primordial era el de estar atento a los bienes nacionales, las minas, petróleos, patentes de privilegio y registros de marcas, los ferrocarriles, caminos, puentes, edificios nacionales y tierras baldías, encontrándose bajo el mando del señor General Reyes Rafael que gradualmente ingresaría en tema de la adecuación de las

vías y su modernización, volviéndose una operatividad más eficaz en las construcciones de carreteras, caminos, edificios y ferrocarriles.

Es así, que en los tiempos de la colonia surgieron los caminos de herradura. En dichos tiempos eran transitados expresamente por caballos, mulas, bueyes, y claro está por los indios cargueros Como lo muestra la (*Figura 1*).



Figura 1. Carguero indígena. Breve reseña histórica de las vías En Colombia. (2014). Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v10i17.880>

Además, en la Nueva Granada se dieron los caminos reales. Los cuales eran los más importantes ya que estas vías transitaban las carretas y eran expresamente para los colonos quienes eran los descendientes de la nobleza, ósea de los reyes de España, teniendo como connotación que eran expresamente para ellos, y que ninguna

persona que no fuera de la realeza o tuviera una posición tanto eclesiástica, comerciante o empresario de alcurnia podía transitarla, quienes tenían para la época una gran circulación, uniendo de esta manera otras provincias y las administraciones y sus mantenimientos eran ejercidos por las delegaciones reales. Con el trascurrir del tiempo los caminos reales fueron reconocidos como caminos de herradura y los otros fueron considerados caminos de a pie, señalando que para la época se encontraba prohibido utilizar estos caminos para las bestias de carga o de silla, obligando a los indígenas a realizar estos menesteres a los cuales se les permitía hacer los aparejos que hacían las bestias.

No obstante, el primer camino real, se dio desde Cundinamarca hasta la Costa Atlántica, la cual fue conocida como la ruta de “**EL OPÓN**”, dando nacimiento a la historia, ya que, por esta ruta sedan los primeros destellos de las civilizaciones Occidentales, trayendo consigo cultura, comercio y guerras; adelante se mostraran los caminos reales más importantes de la época como se describe en la (*Figura 2*).



Figura 2. Caminos reales de la Nueva Granada. Breve reseña histórica de las vías En Colombia. (2014). Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v10i17.880>

1.2. Antecedentes históricos de los pavimentos de concreto y los mantenimientos viales en Colombia

La historia de los pavimentos y los mantenimientos viales en el país se da con el nacimiento del Ministerio de Obras Públicas en 1905, con el fin primordial de controlar todas las líneas férreas, las carreteras nacionales, y las canalizaciones de los afluentes.

A partir de este tiempo el Ministerio de Obras Públicas, clasifica las vías en tres grupos los cuales son: las vías nacionales, departamentales y municipales, naciendo de la misma forma las juntas de caminos, se establece una forma de

financiación para el mantenimiento de las mismas y se adecuan carreteras para la conectividad de las ciudades principales con los municipios vecinos.

Es así mismo, que la carretera que comunica a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo (Boyacá), siendo la primera en pavimentarse, es así, que en el año de 1910 ordenado por la Asamblea Nacional se trasladaron las carreteras nacionales a los Departamentos y se transfirieron los primeros auxilios para las construcciones de las vías y su mantenimiento preventivo.

Es de anotar, que durante los años de 1916 y 1930, se promulgaron más de 104 leyes que se referían a las modificaciones con respecto a las carreteras, construyéndose kilómetros y kilómetros de vías sin contar con un plan básico y sólido, sin tener ningún tipo de técnica tanto en su construcción como en su mantenimiento. Obteniendo como resultado unas series de adecuaciones de vías retiradas, dispersas, imperfectas las cuales no proporcionaban ningún tipo de servicio.

En el año de 1938, al darse cuenta el Ministerio de Obras Públicas de los errores cometidos, solicita el apoyo de la Universidad Nacional, preparándose ciertas descripciones para realizar los nuevos trabajos de pavimentación y se programan los mantenimientos viales de las vías ya pavimentadas hasta la fecha, teniendo como bases principales los presupuestos, el tránsito vehicular los estados de clima, entre otros.

Doce años más tarde en 1950, deciden crear el Comité de Desarrollo y se recomienda realizar un plan vial orientado a la construcción y mantenimiento de vías, bajo las modalidades de contrataciones por precio unitario para cada tramo de vía, pero duro más de 10 años para que se pudiera implementar.

Entre las décadas de los 70y 80, se logran tener unos niveles aceptables de redes viales representados en el tiempo de viaje y los costos de operacionales, convirtiendo al transporte de personas y de cargas por las vías pavimentadas gracias a los mantenimientos viales realizados a las vías.

No obstante, durante el transcurrir de los años hasta la actualidad, Colombia se encuentra en un gran porcentaje de vías pavimentadas, las cuales son mantenidas por medio de peajes, que sirven para la contratación de empresas que actualmente se dedican al mantenimiento vial. Es de anotar, que en el país se está trabajando con ciertas técnicas que contribuyen a un mejor mantenimiento, sin llegar a afectar el ecosistema que rodea estas vías nacionales, cumpliendo con todos los requerimientos y especificaciones para el control de los mismos y cumpliendo, con todo lo establecido por las normas tanto nacionales como internacionales.

1.3. Normatividad Jurídica

1.3.1. Constitución Política de 1991.

Se encuentra actualmente en la Constitución Política de 1991, los derechos colectivos y del ambiente, donde se hallan plasmados en el capítulo III, desde los Artículos 78 al 82, los cuales son derechos de tercera generación. De esta manera el concepto dado se da de la siguiente forma por la Administración Pública:

Los derechos colectivos: Son aquellos que se le reconocen o brindan a un grupo determinado de personas con el fin de proteger y garantizar sus intereses y su identidad.

Los derechos ambientales: Son aquellos que buscan preservar, proteger y regular el medio ambiente de usos y actividades inadecuadas que lo vulneren. (Administración Pública, 2016).

Igualmente, en los derechos colectivos y del ambiente el artículo 78 se refiere a los servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, en este caso el mantenimiento que se realizan a las vías terrestres y por su misma actividad pueda afectar al medio ambiente, y que en últimas dichos mantenimientos se encuentran por lo general, a cargo de las empresas privadas y por tal motivo este artículo en mención señala que:

Artículo 78. La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización. Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios.

El Estado garantizará la participación de las organizaciones de consumidores y usuarios en el estudio de las disposiciones que les conciernen. Para gozar de este derecho las organizaciones deben ser representativas y observar procedimientos democráticos internos. (Const., 1991, art. 78).

Además, en los derechos colectivos y del ambiente el artículo 79 se refiere al derecho a tener un ambiente sano, señalando que: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo”. (Const., 1991, art. 79).

Ahora bien, en los derechos colectivos y del ambiente el artículo 80 se refiere a la conservación y protección del medio ambiente, donde se expresa que: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución”. (Const., 1991, art. 80).

Por último se hallan también, los derechos colectivos y del ambiente en el artículo 82, el cual se refiere a la protección e integridad del espacio público, ya que, las vías hacen parte del mismo donde las personas puedan transitar, cuyo artículo señala que: “Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular”. (Const., 1991, art. 82).

1.3.2. Decreto 1541 de 1978.

“Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973”. Esta ley tiene como objetivo primordial la protección de las aguas no marítimas, ya que, por ende, cuando se realizan los mantenimientos de las vías se corre el riesgo de causar contaminación directa a los riachuelos, ríos, quebradas, que por lo general pasan muy cerca de las vías, y es por todo esto que en el artículo 1° se describen los siguientes objetivos, así:

Artículo 1°. Para cumplir los objetivos establecidos por el artículo 2 del Decreto - Ley 2811 de 1974, este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados, y comprende los siguientes aspectos:

1. El dominio de las aguas, cauces y riberas, y las normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades, en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad.

2. La reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas y agotamiento, en orden a asegurar su preservación cuantitativa para garantizar la disponibilidad permanente del recurso.

3. Las restricciones y limitaciones al dominio en orden a asegurar el aprovechamiento de las aguas por todos los usuarios.

4. El régimen a que están sometidas ciertas categorías especiales de aguas.

5. Las condiciones para la construcción de obras hidráulicas que garanticen la correcta y eficiente utilización

del recurso, así como la protección de los demás recursos relacionados con el agua.

6. La conservación de las aguas y sus cauces, en orden a asegurar la preservación cualitativa del recurso y a proteger los demás recursos que dependen de ella.

7. Las cargas pecuniarias en razón del uso del recurso y para asegurar su mantenimiento y conservación, así como el pago de las obras hidráulicas que se construyan en beneficio de los usuarios.

8. Las sanciones y las causales de caducidad a que haya lugar por la infracción de las normas o por el incumplimiento de las obligaciones contraídas por los usuarios. (Decreto 1541, 1978, art. 1°).

1.3.3. Ley 99 de 1999.

“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”. Es de anotar, que esta ley en su artículo 1°, expresa toda la protección ambiental que se da en el país siendo una de las principales normas la cual ampara tanto los recursos naturales como el medio ambiente, dando este un parámetro para las empresas que se dedican al mantenimiento de las vías en Colombia, es de esta manera que el artículo en mención, señala lo siguiente:

Artículo 1°.- Principios Generales Ambientales. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.

3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.

5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.

6. La formulación de las políticas ambientales tendrán cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.

8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.

9. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.

10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.

11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.

12. El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, será descentralizado, democrático y participativo.

13. Para el manejo ambiental del país, se establece un Sistema Nacional Ambiental -SINA- cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la sociedad civil.

14. Las instituciones ambientales del Estado se estructurarán teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física. (Ley 99, 1999, art. 1°).

1.3.4. Decreto 4728 del 2010.

"Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010" el Decreto descrito 3930 de 2010 se refiere: "Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto -

Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones". Tiene como importancia los vertimientos o residuos líquidos como los lixiviados que pueden dejar los mantenimientos de vías cuando se encuentra en dicha tarea, con el fin de reconocer y dar un buen manejo a estos tipos de líquidos con el fin de que no se afecte de una manera directa el ecosistema. Es de esta manera que lo encontramos plasmado en el artículo 2° del Decreto 4728 de 2010 modificando el artículo 34 del Decreto 3930 de 2010, quedara así:

Artículo 34. Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expedirá dentro de los dieciséis (16) meses siguientes, contados a partir de la publicación del presente decreto, el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas, en el cual se establecerán, entre otros aspectos: el punto de control, la infraestructura técnica mínima requerida, la metodología para la toma de muestras y los métodos de análisis para los parámetros a determinar en vertimientos y en los cuerpos de agua o sistemas receptores.

Parágrafo. Mientras el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopta el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas, se seguirán los procedimientos establecidos en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (Decreto 4728, 2010, art. 2°).

1.3.5. Decreto 2820 de 2010.

"Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales", cabe resaltar, la importancia que tiene esta Ley en las obras civiles y más

específicamente, cuando se vayan a realizar mantenimientos viales ya que como requisito primordial es solicitar ante las autoridades competentes los permisos o licencias ambientales en estos casos en específico. Donde se describe el alcance de las licencias ambientales los cuales se encuentran descritos en el artículo 3° del presente Decreto, expresando lo siguiente:

Artículo 3°. Concepto y alcance de la licencia ambiental.

La Licencia Ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterior. :) grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de éstas, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada.

La Licencia Ambiental llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, obra o actividad.

El uso aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, deberán ser claramente identificados en el respectivo Estudio de Impacto Ambiental.

La Licencia Ambiental deberá obtenerse previamente a la iniciación del proyecto, obra o actividad. Ningún proyecto, obra o actividad requerirá más de una Licencia Ambiental.

Parágrafo. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales no podrán otorgar permisos, concesiones o autorizaciones ambientales, cuando éstos formen parte de un proyecto cuya licencia ambiental sea de competencia

privativa del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Decreto 2820, 2010, art. 3°).

1.4. Normatividad interna de Invias en el mantenimiento de vías

Es de anotar, que Invias es una institución descentralizada del Estado, que se encargan de realizar construcción, mantenimiento, rehabilitación y adecuación de las vías troncales y transversales de la red primaria y terciaria, es de esta manera que actualmente maneja ciertos manuales específicos en el mantenimiento de vías, así:

1. Manual de mantenimiento de carreteras. Volumen 2 (2016). El cual podrá ser consultado en la página web. (Apéndice N° 2).
2. Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial. (2011). El cual podrá ser consultado en la página web. (Apéndice N° 1).

1.5. Métodos para la aplicación de los impactos ambientales con relación a los mantenimientos Viales

1.5.1. Método Arboleda.

Este es un tipo de metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia, realizada por el Ingeniero Forestal Jorge Alonso Arboleda González oriundo del Municipio de Risaralda (Caldas), nacido en el año de 1951. Quien es egresado de la Universidad Nacional de Colombia

(Medellín), con más de 31 años de experiencia profesional en el campo ambiental, autor del “**MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES**”, este manual tiene como principio ofrecer un material de soporte y sugerencia para los proyectos de mantenimiento vial el cual sirve o tiene como función la evaluación de los impactos ambientales (EIA).

En su libro explica las generalidades de la evaluación de impacto ambiental, describiendo la importancia de poder aplicar esta metodología en específico en las obras civiles y en lo que nos concierne con el tema de los mantenimientos viales en Colombia, es así que el ingeniero forestal Jorge Arboleda, señala en sus generalidades lo siguiente:

Para consolidar los postulados del desarrollo sostenible, se han propuesto diferentes estrategias y mecanismos, tales como fortalecer las instituciones ambientales, formular políticas y normas ambientales de obligatorio cumplimiento, alentar la acción voluntaria mediante el montaje de sistemas de gestión ambiental y la producción más limpia, estimular la participación de la comunidad para que tome posiciones frente al deterioro o establecer instrumentos de gestión para el análisis ambiental de los proyectos. Dentro de estos últimos se destaca la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), como la herramienta que permite determinar no solo las consecuencias ambientales de cualquier emprendimiento, sino también proponer las acciones necesarias para atender dichas secuelas. (Arboleda, 2008).

1.5.1.1. Procedimiento para la evaluación.

1. Identificar el proyecto a evaluar en su área total.

2. Identificación de los impactos y actividades, agruparlos bajo la misma denominación, formando la matriz a evaluar.
3. Evaluación de los impactos, realizada por medio de criterios o factores de calificación.

1.5.1.2. Factores de impacto ambiental.

Este método identifica los componentes y factores del ambiente que pueden ser afectados de modificación, deterioro o transformación y permiten determinar los impactos ambientales para estimar su evaluación, según el libro del autor Jorge Arboleda: **“MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES”** las páginas 46 a la 48, **los** factores que se manejan en la evaluación de la matriz EPM- ARBOLEDA son los que se utilizan en la evaluación de la matriz CONESA.

- **Factores Físicos**

Tabla 1. *Factores físicos de impactos ambientales método Arboleda*

COMPONENTE	FACTOR
Clima	• Precipitación
	• Temperatura
	• Humedad relativa
	• Vientos
	• Piso térmico
	• Evaporación
	• Brillo solar

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf.

Continuación “Tabla 1. *Factores físicos de impactos ambientales método Arboleda*”

COMPONENTE	FACTOR
Geología	• Erodabilidad
	• Estabilidad
	• Capacidad portante
	• Permeabilidad
	• Facilidad de excavación
	• Tipo de roca
	• Estratificación
	• Esquistosidad
	• Diaclasas
	• Fallas
	• Simetría
	• Perfiles estratigráficos
Geomorfología	• Formas topográficas
	• Pendiente o relieve
	• Área de inundación.
	• Focos y procesos erosivos.
Suelos	• Propiedades físicas
	• Propiedades químicas.
	• Unidades edafológicas.
	• Perfiles
	• Usos actuales y potenciales.
Aíre	• Partículas
	• Ruidos
	• Gases
	• Olores
Agua (superficial y subterránea)	• Factores hidrológicos
	• Usos actuales y potenciales.
	• Transporte de sedimentos.
	• Factores hidráulicos.
	• Factores básicos.
Paisaje	• Cálida visual.
	• Color.
	• Unidad del paisaje.

- **Factores Bióticos**

Tabla 2. *Factores bióticos de impactos ambientales método Arboleda*

COMPONENTE	FACTOR
Vegetación terrestre o flora	• Diversidad.
	• Abundancia.
	• Estructura.
	• Productividad primaria.
	• Distribución.
	• Superficie ocupada.
	• Especies endémicas, dominantes o amenazadas.
	• Agro ecosistemas.
	• Formaciones vegetales.
Biota acuática	• Diversidad.
	• Abundancia.
	• Estado.
	• Distribución
	• Migración
	• Fallas
	• Simetría.
	• Perfiles estratigráficos.
Fauna terrestre	• Formas topográficas
	• Pendiente o relieve
	• Área de inundación.
	• Focos y procesos erosivos.
Suelos	• Diversidad.
	• Abundancia.
	• Estructura.
	• Estado.
	• Distribución.
	• Migración.
	• Vectores de enfermedades.
	• Especies endémicas o amenazadas.

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

- **Factores Sociales**

Tabla 3. *Factores sociales de impactos ambientales método Arboleda*

COMPONENTE	FACTOR
Demográfico	• Factores relacionados con la salud.
	• Tasa de natalidad.
	• Número de habitantes.
	• Ocupación.
	• Análisis de población activa.
	• Estructura.
	• Evolución.
	• Densidad de población.
Político	• Relaciones de poder.
	• Expectativas de la comunidad.
	• Formas de organización existente.
	• Conflictos.
Económico	• Volúmenes, flujos e infraestructura de producción.
	• Niveles de productividad.
	• Niveles de consumo.
	• Estructura de la propiedad.
	• Formas de tendencia de la tierra.
	• Vulnerabilidad.
Cultural	• Cobertura y calidad en los servicios públicos.
	• Patrimoniales.
	• Identidad.
	• Estructura familiar.
	• Niveles de arraigo.
	• Vulnerabilidad.
	• Religiosidad.

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

1.5.1.3. Criterios de evaluación de los impactos ambientales.

Cada impacto se debe evaluar con base a los siguientes parámetros, clase (C), presencia (P), duración (D), evolución (E), magnitud (M).

Tabla 4. Criterios de evaluación de los impactos ambientales método Arboleda

PARAMETROS	DEFINICIÓN	IMPORTANCIA	VALOR
CLASE "C"	Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto.	Positivo , si mejora la condición ambiental.	+
		Negativo , si desmejora la condición ambiental.	-
PRESENCIA "P"	Da referencia a la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia.	Cierta: Probabilidad del 100%.	1
		Muy probable: Probabilidad entre 70% y 100%.	0.7 - 0.99
		Probable: Probabilidad entre 40% y 70%.	0.4 - 0.69
		Poco probable: Probabilidad entre 20% y 40%.	0.2 - 0.39
		Muy poco probable: Probabilidad menor al 20%.	0.01 - 0.19
DURACION "D"	Se evalúa el periodo de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental, se expresa en función de tiempo de permanecía.	Muy larga: Duración mayor a 10 años.	1
		Larga: Duración entre 7 - 10 años.	0.7 - 0.99
		Media: Duración entre 4 - 7 años.	0.4 - 0.69
		Corta: Duración entre 1 - 4 años.	0.2 - 0.39
		Muy corta: menor a 1 año.	0.01 - 0.19

Fuente. Arboleda, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos. Obtenido de: https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1_

Continuación “Tabla 4. *Criterios de evaluación de los impactos ambientales método Arboleda*”

PARAMETROS	DEFINICIÓN	IMPORTANCIA	VALOR
EVOLUCION "E"	Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir la velocidad como este se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que se hace presente plenamente con todas las consecuencias, se expresa en tiempo transcurrido.	Muy Rápida: Tiempo menor a 1 mes.	1
		Rápida: Tiempo entre 1 -12 meses	0.7 - 0.99
		Media: Tiempo entre 12 - 18 meses.	0.4 - 0.69
		Lenta: Tiempo entre 18 -24 meses.	0.2 - 0.39
		Muy Lenta: Tiempo mayor a 24 meses.	0.01 - 0.19
MAGNITUD "M"	Este criterio califica la dimensión del cambio sufrido en el factor ambiental, se expresa en términos de porcentaje de afectación o modificación del factor.	Muy alta: Afectación mayor al 80%.	1
		Alta: Afectación entre 60% - 80%	0.7 - 0.99
		Media: Afectación entre 40% - 60%	0.4 - 0.69
		Baja: Afectación entre 20% - 40%	0.2 - 0.39
		Muy baja: Afectación menor al 20%	0.01- 0.19

1.5.1.4. *Cálculo de la calificación ambiental del impacto método Arboleda.*

La calificación ambiental (Ca) es la expresión de la acción conjugada de los criterios con los cuales se calificó el impacto ambiental y representa la gravedad o importancia de la afectación que está causando.

$$Ca = C (P [a*EM + b*D])$$

Donde mediante un análisis de sensibilidad se determinaron las siguientes constantes de ponderación: $a=7.0$ y $b=3.0$

Reemplazando los valores de a y b se obtiene:

$$Ca = C (P [7*EM + 3*D])$$

Fuente. Arboleda, J. (2008).

1.5.1.5. Clasificación de rangos para impactos método Arboleda.

De acuerdo con la calificación de cada impacto el valor de Ca, debe ser mayor que cero y menor o igual que 10, siendo negativo o positivo, según la clase de impacto.

Tabla 5. *Clasificación de rangos para impactos método Arboleda*

Clasificación de Rangos para Impactos	
Rangos del Índice de Impacto	Impacto Negativo o Positivo
Menor o igual a 2.5	Irrelevante
2.5 - 5.0	Moderado
5.0 - 7.5	Relevante
Mayor a 7.5	Grave

Fuente. Arboleda, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos. Obtenido de: https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1_

1.5.2. Método Conesa.

Se dio por gracias al Ingeniero Agrónomo el señor Vicente Conesa Fernández Vítora de nacionalidad Española en el año de 1993, en el cual se encuentra como “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental” teniendo como base unos métodos con respecto a matrices que involucran la causa- y efecto. Implicando de esta misma manera métodos como del Instituto Batelle-Columbus y las matrices de Leopold. Donde se identifican los diferentes impactos ambientales más característicos los cuales se deben exhibir con anticipación a las ejecuciones de los proyectos, de obras civiles o sus diferentes actividades, el cual contribuye a que exista un verdadero control con respecto a las afectaciones ambientales y al mejor procedimiento que se den realizar al inicio de cualquier obra civil en este caso en específico al mantenimiento vial. Encontrando de esta manera ciertos parámetros, tales como las valoraciones cualitativas de los impactos ambientales, la aplicación de las matrices de impactos y su importancia y la identificación del factor ambiental, entre otros, como se expresa en la Guía, así:

1.5.2.1. Aspectos de identificación ambiental.

1. Objetivos de la caracterización ambiental.
 - A. Descripción detallada.
 - B. Determinar el valor o importancia del ambiente y los recursos afectados.
 - C. Delimitar la zona de influencia del proyecto.
 - D. Identificar la problemática ambiental en la zona de influencia.
 - E. Establecer los criterios del proyecto.

2. Criterios de cumplimiento con respecto a la caracterización del ambiente.
 - A. Que sea una caracterización completa.

- B. Que sea una caracterización representativa.
 - C. Que sea una caracterización aplicable y útil.
 - D. Énfasis en lo significativo y lo importante.
 - E. Enfoque integral.
3. Conceptualización ambiental.
- A. Medios y sistemas.
 - B. Componentes.
 - C. Factores ambientales.
 - D. Indicadores ambientales.
4. Factores ambientales representativos del impacto.
- A. Factores representativos y relevantes.
 - B. Factores excluyentes.
 - C. Factores de fácil identificación.
 - D. Factores de fácil cuantificación.

1.5.2.2. Medios y factores del impacto ambiental.

Esta método aplica a dos clases de medios; el medio natural y social, identificados por sistemas generadores de factores ambientales, como se describe en la *Figura 3*.

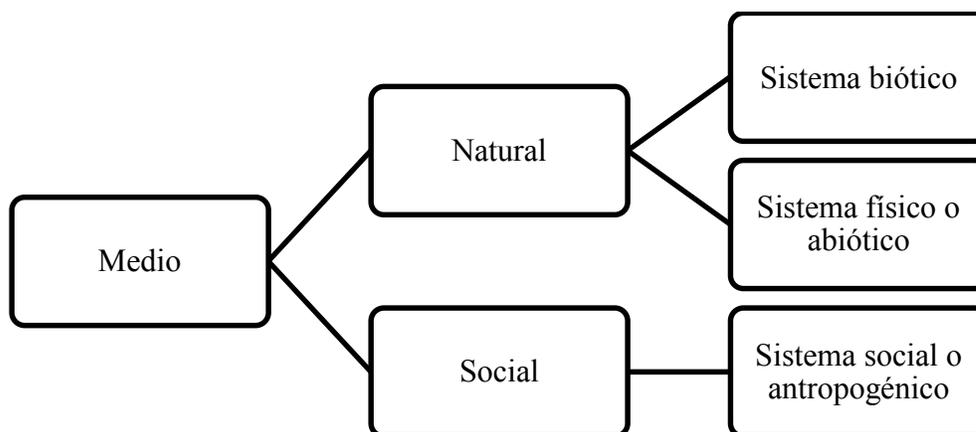


Figura 3. Medios de aplicación del impacto ambiental

Fuente. Autor del proyecto.

Ahora bien, de los sistemas descritos en la *Figura 3*, se generan tres tipos de factores ambientales, con sus respectivos componentes según su medio de aplicación. Las tablas de identificación de los factores, son:

- **Factores Físicos**

Tabla 6. *Factores físicos de impactos ambientales método Conesa*

COMPONENTE	FACTOR
Clima	• Precipitación
	• Temperatura
	• Humedad relativa
	• Vientos
	• Piso térmico
	• Evaporación
	• Brillo solar
Geología	• Erodabilidad
	• Estabilidad
	• Capacidad portante
	• Permeabilidad
	• Facilidad de excavación
	• Tipo de roca
	• Estratificación
	• Esquistosidad
	• Diaclasas
	• Fallas
• Simetría	
Geomorfología	• Perfiles estratigráficos
	• Formas topográficas
	• Pendiente o relieve
	• Área de inundación.
	• Focos y procesos erosivos.

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

Continuación “Tabla 6. *Factores físicos de impactos ambientales método Conesa*”

COMPONENTE	FACTOR
Suelos	• Propiedades físicas
	• Propiedades químicas.
	• Unidades edafológicas.
	• Perfiles
Aíre	• Usos actuales y potenciales.
	• Partículas
	• Ruidos
	• Gases
	• Olores
Agua (superficial y subterránea)	• Factores hidrológicos
	• Usos actuales y potenciales.
	• Transporte de sedimentos.
	• Factores hidráulicos.
	• Factores básicos.
Paisaje	• Cálida visual.
	• Color.
	• Unidad del paisaje.

- **Factores Bióticos**

Tabla 7. Factores bióticos de impactos ambientales método Conesa

COMPONENTE	FACTOR
Vegetación terrestre o flora	• Diversidad.
	• Abundancia.
	• Estructura.
	• Productividad primaria.
	• Distribución.
	• Superficie ocupada.
	• Especies endémicas, dominantes o amenazadas.
	• Agro ecosistemas.
	• Formaciones vegetales.
Biota acuática	• Diversidad.
	• Abundancia.
	• Estado.
	• Distribución
	• Migración
	• Fallas
	• Simetría.
	• Perfiles estratigráficos.
Fauna terrestre	• Formas topográficas
	• Pendiente o relieve
	• Área de inundación.
	• Focos y procesos erosivos.
Suelos	• Diversidad.
	• Abundancia.
	• Estructura.
	• Estado.
	• Distribución.
	• Migración.
	• Vectores de enfermedades.
	• Especies endémicas o amenazadas.

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

- **Factores Sociales**

Tabla 8. *Factores sociales de impactos ambientales método Conesa*

COMPONENTE	FACTOR
Demográfico	• Factores relacionados con la salud.
	• Tasa de natalidad.
	• Número de habitantes.
	• Ocupación.
	• Análisis de población activa.
	• Estructura.
	• Evolución.
	• Densidad de población.
Político	• Relaciones de poder.
	• Expectativas de la comunidad.
	• Formas de organización existente.
	• Conflictos.
Económico	• Volúmenes, flujos e infraestructura de producción.
	• Niveles de productividad.
	• Niveles de consumo.
	• Estructura de la propiedad.
	• Formas de tendencia de la tierra.
	• Vulnerabilidad.
	• Cobertura y calidad en los servicios públicos.
Cultural	• Patrimoniales.
	• Identidad.
	• Estructura familiar.
	• Niveles de arraigo.
	• Vulnerabilidad.
	• Religiosidad.

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

1.5.2.3. Criterios de evaluación de los impactos ambientales.

Plantea la obtención de valores de impacto ambiental a partir de la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales identificados. Emplea los siguientes criterios de evaluación: Signo (+/-), Extensión Geográfica (Ex), Sinergia (Si), Persistencia (Pe), Reversibilidad (Rv) y Recuperabilidad (Rc).

Tabla 9. Criterios de evaluación de los impactos ambientales método Conesa

CRITERIO	CATEGORIA	DEFINICIÓN	VALOR
Extensión (Ex)	Efecto local	Se manifiesta en el área ocupada por las facilidades del proyecto.	1
	Efecto amplio	Se manifiesta más allá del área ocupada por las instalaciones en tierra y de su entorno más próximo.	3
Sinergia (Si)	Efecto simple	Se manifiesta sobre un solo componente ambiental, y no induce efectos acumulativos ni sinérgicos.	1
	Efecto múltiple	Se manifiesta en varios componentes ambientales a la vez	3
Persistencia (Pe)	Efecto temporal	Alteración limitada a corto plazo (1 año o menos).	1
	Efecto a mediano plazo	Alteración limitada durante mediano plazo (aprox. 1 a 5 años).	2
	Efecto permanente o a largo plazo	Alteración del entorno de duración indefinida o prolongada a largo plazo (más de 5 años), desde que se inició el proyecto.	3

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

Continuación “Tabla 9. *Criterios de evaluación de los impactos ambientales método Conesa*”

CRITERIO	CATEGORIA	DEFINICIÓN	VALOR
Reversibilidad (Rv)	Efecto reversible	Asimilable por los procesos naturales a corto plazo (menos de 1 año).	1
	Efecto medianamente reversible	Asimilable por los procesos naturales a mediano/largo plazo (más de 1 año).	2
	Efecto irreversible	Aquel que supone la imposibilidad de retornar por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce	3
Recuperabilidad (Rc)	Efecto recuperable	Puede eliminarse o reemplazarse por la acción humana a corto plazo.	1
	Efecto medianamente recuperable	Puede eliminarse o reemplazarse por la acción humana a mediano/largo plazo.	2
	Efecto irrecuperable	Cuando la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de recuperar por la acción humana.	3

1.5.2.4. Cálculo del índice del impacto.

A partir de los valores establecidos, se calcula el índice de impacto para cada uno de los posibles impactos generados:

$$\text{Índice de impacto} = 2*E_x + S_i + P_e + 2*R_v + 2*R_c$$

Fuente. Arroyo. (2007).

Con el fin de orientar el enfoque hacia un perfil de mayor seguridad, los criterios de extensión, reversibilidad, y recuperabilidad se han considerado como más significativos, por lo que sus valores sean ponderados doblemente.

1.5.2.5. Clasificación de rangos para impactos.

Los impactos negativos se clasifican en un rango de -24 a -8, y los impactos positivos se clasifican de 8 a 24, considerando la reversibilidad y la recuperabilidad en forma inversa que en el caso de los negativos.

- **Clasificación de rangos para impactos negativos**

Tabla 10. *Clasificación de rangos para impactos negativos método Conesa*

Rangos del Índice de Impacto	Impacto Negativo
- 24 a -23	Critico
-22 a -20	Severo
-19 a -15	Moderado
-14 a -8	Compatible

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

- **Clasificación de rangos para impactos positivos**

Tabla 11. *Clasificación de rangos para impactos positivos método Conesa*

Rangos del Índice de Impacto	Impacto Positivo
8 a 14	Bajo
15 a 19	Medio
20 a 22	Alto
23 a 24	Muy Alto

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

1.5.3. Método Leopold.

Su creador fue el destacado ingeniero civil, físico-meteorólogo y geomorfólogo e hidrólogo el señor Luna Bergere Leopold nació en estados Unidos en el año de 1915. Es el método que actualmente tiene más reconocimiento, siendo así el primer método diseñado en las evaluaciones de impactos ambientales dado en el año de 1997, también es utilizado las matrices de causa y efecto para las evaluaciones de los impactos, los cuales están asociados a diferentes clases de proyectos de obras civiles y también son aplicados en los mantenimientos viales que se realizan actualmente. Además es una metodología de valoración cualitativa.

Tiene como descripción una matriz de doble entrada: La matriz consta de 100 acciones (Columnas) y 88 características o factores ambientales (filas). El cruce de estas dos entradas da como resultado un total de 8.800 interacciones posibles o número de celdas en la matriz. Es por ello, que debe adaptarse a cada proyecto, pues no todas las interacciones se van a dar.

1.5.3.1. Consideraciones generales.

1. Definir el área a evaluar.
2. Poseer conocimientos detallados de la región a evaluar.
3. Tener información acerca de la flora, fauna, geografía, clima, entorno físico y aspectos de ingeniería del proyecto propuesto.
4. Conocer con cierto detalle las relaciones entre los elementos que componen el área a estudiar.
5. Diferenciar entre los elementos importantes y los despreciables.
6. Evaluar la magnitud global de la obra propuesta.

1.5.3.2. Identificación de las interacciones existentes.

1. Acciones propuestas por la actividad del proyecto.

Se debe tener en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar dentro

del desarrollo del proyecto, las cuales determinan acciones que causan impacto ambiental.

Tabla 12. *Acciones propuestas por la actividad del proyecto método Leopold*

A. MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN	
a) Introducción de flora y fauna exótica	h) Canalización
b) Controles biológicos	i) Riego
c) Modificación del hábitat	j) Modificación del clima
d) Alteración de la cubierta terrestre	k) Incendios
e) Alteración del drenaje	l) Superficie o pavimento
g) Control del río y modificaciones del flujo	m) Ruido y vibraciones
B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN	
a) Urbanización	k) Revestimiento de canales
b) Emplazamientos industriales y edificio	f) Canales
c) Aeropuertos	m) Presas y embalses
d) Autopistas y puentes	n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas
e) Carreteras y caminos	o) Estructuras en alta mar
f) Vías férreas	p) Estructuras recreacionales
g) Cables y elevaciones	q) Voladuras y perforaciones
h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores	r) Desmontes y rellenos
i) Barreras incluyendo vallados	s) Túneles y estructuras subterráneas
j) Dragados y alineado de canales	

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

Continuación “Tabla 12. *Acciones propuestas por la actividad del proyecto método*

Leopold”

C. EXTRACCION DE RECURSOS	
a) Voladuras y perforaciones	e) Dragados
b) Excavaciones superficiales	f) Explotación forestal
c) Excavaciones subterráneas	g) Pesca comercial y caza
d) Perforación de pozos y transporte de fluidos	
D. PROCESOS	
a) Agricultura	i) Industria textil
b) Ganaderías y pastoreo	j) Automóviles y aeroplano
c) Piensos	k) Refinerías de petróleo
d) Industrias lácteas	l) Alimentación
e) Generación energía eléctrica	m) Herrerías (explotación de maderas)
f) Minería	n) Celulosa y papel
g) Metalurgia	o) Almacenamiento de productos
h) Industria química	
E. ALTERACIONES DEL TERRENO	
a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o vácales	d) Paisaje
b) Sellado de minas y control de residuos	e) Dragado de puertos
c) Rehabilitación de minas a cielo abierto	f) Aterramientos y drenajes
F. RECURESOS RENOVABLES	
a) Repoblación forestal	d) Fertilización
b) Gestión y control vida natural	e) Reciclado de residuos
c) Recarga aguas subterráneas	
G. CAMBIOS EN TRAFICO	
a) Ferrocarril	g) Deportes náuticos
b) Automóvil	h) Caminos
c) Camiones	i) Telecillas, telecabinas, etc.
d) Barcos	j) Comunicaciones
e) Aviones	k) Oleoductos
f) Tráfico fluvial	

Continuación “Tabla 12. *Acciones propuestas por la actividad del proyecto método*

Leopold”

H. SITUACION Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	
a) Vertidos en mar abierto	h) Vertido de aguas de refrigeración
b) Vertedero	i) Vertido de residuos urbanos
c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros	j) Vertido de efluentes líquidos
d) Almacenamiento subterráneo	k) Balsas de estabilización y oxidación
e) Disposición de chatarra	l) Tanques y farsas sépticas, comerciales y domésticas
f) Derrames en pozos de petróleo	m) Emisiones de corrientes residuales a la atmósfera
g) Disposición en pozos profundos	n) Lubricantes o aceites usados
I) TRATAMIENTO QUIMICO	
a) Fertilización	d) Control de maleza y vegetación terrestre
b) Descongelación química de autopistas, etc.	e) Pesticidas
c) Estabilización química del suelo	
J. ACCIDENTES	
a) Explosiones	c) Fallos de funcionamiento
b) Escapes y fugas	
K. OTROS	
a)....	b)....

2. Impactos determinados por los factores ambientales.

Se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, además, obliga a considerar los posibles impactos de proyectos sobre diferentes factores ambientales.

Tabla 13. *Impactos determinados por los factores ambientales método Leopold*

A. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	
A.1 TIERRA	
a. Recursos minerales	d. Geomorfología
b. Material de construcción	e. Campos magnéticas y radiactividad
c. Suelos	f. Factores físicos singulares
A.2 AGUA	
a. Superficiales	e. Temperatura
b. Marinas	f. Recarga
c. Subterráneas	g. Nieve, hielos y heladas
d. Calidad	
A.3 ATMOSFERA	
a. Calidad (gases, partículas)	c. Temperatura
b. Clima (micro, macro)	
A.4 PROCESOS	
a. Inundaciones	f. Compactación y asientos
b. Erosión	g. Estabilidad
c. Deposición (sedimentación y precipitación)	h. Sismología (terremotos)
d. Solución	i. Movimientos de aire
e. Sorcion (intercambio de iones, complejos)	

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

Continuación “Tabla 13. *Impactos determinados por los factores ambientales método Leopold*”

B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	
B.1 FLORA	
a. Árboles	f. Plantas acuáticas
b. Arbustos	g. Especies en peligro
c. Hierbas	h. Barreras, obstáculos
d. Cosechas	i. Corredores
e. Micro flora	
B.2 FAUNA	
a. Aves	f. Micro fauna
b. Animales terrestres, incluso reptiles	g. Especies en peligro
c. Peces y mariscos	h. Barreras
d. Organismos bentónicos	i. Corredores
e. Insectos	
C. FACTORES CULTURALES	
C.1 USOS DEL TERRITORIO	
a. Espacios abiertos y salvajes	f. Zona residencial
b. Zonas húmedas	g. Zona comercial
c. Selvicultura	h. Zona industrial
d. Pasos	i. Minas y canteras
e. Agricultura	
C.2 RECREATIVOS	
a. Caza	e. Camping
b. Pesca	f. Excursión
c. Navegación	g. Zonas de recreo
d. Zona de baño	
C.3 ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	
a. Vistas panorámicas y paisajes	f. Parques y reservas
b. Naturaleza	g. Monumentos
c. Espacios abiertos	h. Especies o ecosistemas especiales
d. Paisajes	i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e. Agentes físicos singulares	j. Desarmonías

Continuación “Tabla 13. *Impactos determinados por los factores ambientales método Leopold*”

C.4 NIVEL CULTURAL	
a. Modelos culturales (estilos de vida)	c. Empleo
b. Salud y seguridad	d. Densidad de población
C.5 SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	
a. Estructuras	d. Disposición de residuos
b. Red de transportes (movimientos, accesorios)	e. Barreras
c. Red de servicios	f. Comedores
D. RELACIONES ECOLOGICAS	
a. Salización de recursos hidráulicos	e. Salinización de suelos
b. Eutrofización	f. Invasión de maleza
c. Vectores, insectos y enfermedades	g. Otros
d. Cadenas alimentarios	

1.5.3.3. Criterios de evaluación de los impactos ambientales.

Los criterios de evaluación para los impactos de la matriz Leopold, son los siguientes:

- **MAGNITUD:** Valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada, grado de extensión o escala. Se califica del 1 al 10, siendo el 1 menor magnitud y 10 mayor magnitud, anteponiendo un signo (+) para los efectos positivos y (-) para los negativos.

- **IMPORTANCIA:** Grado de intensidad o incidencia de la acción impactante sobre el factor. Escala de valor de 1 a 10, con valores en positivos solamente.

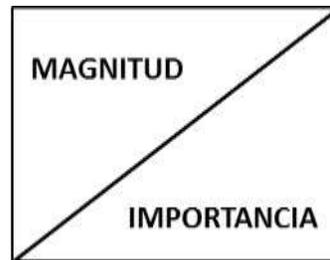


Figura 4. Criterio, categoría y valor asignado método Conesa

Fuente. Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf

Capítulo 2. Evaluación preliminar de los impactos ambientales en relación a los diez proyectos de mantenimiento vial en Colombia

2.1. Reconocimiento y evaluación preliminar de los diez proyectos seleccionados de Mantenimiento vial en Colombia

Tabla 14. *Proyectos de mantenimiento vial utilizados en el estudio*

Nº	CASOS DE ESTUDIO
1	Plan de adaptación guía ambiental: Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la transversal Ocaña – Agua clara – Gamarra tramo Agua clara – Ocaña en los departamentos de Norte de Santander y Cesar. (Instituto Nacional de Vías, 2018).
2	Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA) para el proyecto de mejoramiento de la vía existente, desde Puerto Berrio este hasta conexión Ruta del Sol, en el Departamento de Santander. (Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, 2016).
3	Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA): Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la troncal del Magdalena, tramo San Alberto – San Roque en el Departamento del Cesar. (Instituto Nacional de Vías, 2018).
4	Plan de adaptación guía ambiental: mantenimiento de la carretera la Ondina - Llano Grande - Convención, código 70ns01, sector la Ondina – Llano grande – Convención, PR00+0000 al PR33+0000 a cargo de la Dirección Territorial Ocaña del Invias. (Instituto Nacional de Vías, 2019).

Fuente. Autor del proyecto. (2020).

Continuación “Tabla 14. *Proyectos de mantenimiento vial utilizados en el estudio*”

N°	CASOS DE ESTUDIO
5	Plan de adaptación guía ambiental: mejoramiento y mantenimiento de la carretera Ocaña - La Ondina - Llano Grande - Convención, PR10+0000 - PR11+0000 Y PR13+0000 - PR15+0000, Departamento de Norte de Santander. (Instituto Nacional de Vías, 2017).
6	Construcción, rehabilitación, operación y mantenimiento del sistema vial para la conexión Antioquia-Bolívar, sub sector 2: El 15 Vía el 15 San Carlos (PR0+000 al PR10+000) y sub sector 4: San Carlos – Cereté (PR22+500 al PR31+990). (Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, 2015).
7	Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la Troncal del Magdalena, Tramo Puerto Salgar – Puerto Araujo en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander. (Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, 2019).
8	Plan de adaptación guía ambiental: rehabilitación y mejoramiento de la vía existente, desde Alto Dolores – Lazo 1 Puerto Berrio Oeste, en el Departamento de Antioquia. (Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, 2016).
9	Programa de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA) para: la continuación de: mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la transversal Ocaña Aguaclara - Gamarra, tramo Aguaclara - Gamarra en el departamento de cesar. (Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, 2018).
10	Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA): continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la Troncal del Magdalena, Tramo Puerto Araujo – San Alberto en el Departamento de Santander. (Instituto Nacional de Vías, 2018).

2.2. Elaboración de la matriz de meta – análisis, para identificación de las actividades con respecto a los proyectos

Esta matriz, tiene como fin emplear el meta-análisis como metodología inicial, la cual consiste en una revisión sistemática a los datos que se referencian en los casos de estudios seleccionados en este trabajo; aplicando ciertas herramientas estadísticas que con llevan a una sintetización de la información.

El procedimiento utilizado para la elaboración de la matriz, es el siguiente:

1. Selección de los diez (10) proyectos planteados en este trabajo antes descritos.
2. Identificación de las actividades de mantenimiento de vías, asociadas a la información implícita dentro de cada proyecto.
3. Análisis de las actividades que se presentan en común, en relación con cada proyecto.
4. Verificación cuantitativa de las repeticiones de cada actividad implícitas en todos los proyectos.

NOTA: En el **Apéndice N° 6** que se describe, tiene como objetivo la proyección más clara de la matriz en Excel, para un mayor entendimiento; ya que, por su gran extensión se percibe la necesidad de mostrar los factores básicos que la componen, como se observa más adelante.

Apéndice N° 6. METAANALISIS PROYECTOS.xlsx

Tabla 15. *Matriz de meta – análisis para identificación de las actividades de los proyectos*

N° PROYECTO	AUTOR	AÑO	TÍTULO	REGIÓN	ACTIVIDADES ASOCIADAS AL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE			
					Localización y replanteo	Instalación de campamento	Desmantelamiento de campamento	Gestión de predial
1	Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	2018	Plan de adaptación guía ambiental: Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la transversal Ocaña – Agua clara – Gamarra tramo Agua clara – Ocaña en los departamentos de Norte de Santander y Cesar.	Norte de Santander y Cesar	X			
2	Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)	2016	Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA) para el proyecto de mejoramiento de la vía existente, desde Puerto Berrio este hasta conexión Ruta del Sol, en el Departamento de Santander.	Santander	X	X	X	X
3	Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	2018	Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA): Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la troncal del Magdalena, tramo San Alberto – San Roque en el Departamento del Cesar.	Cesar	X	X	X	X
4	Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	2019	Plan de adaptación guía ambiental: mantenimiento de la carretera la Ondina - Llano Grande - Convención, código 70ns01, sector la Ondina – Llano grande – Convención, PR00+0000 al PR33+0000 a cargo de la Dirección Territorial Ocaña del Invias.	Norte de Santander y Cesar	X			
5	Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	2017	Plan de adaptación guía ambiental: mejoramiento y mantenimiento de la carretera Ocaña - La Ondina - Llano Grande - Convención, PR10+0000 - PR11+0000 Y PR13+0000 - PR15+0000, Departamento de Norte de Santander.	Norte de Santander y Cesar	X	X	X	
6	Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)	2015	Construcción, rehabilitación, operación y mantenimiento del sistema vial para la conexión Antioquia-Bolívar, sub sector 2: El 15 Vía el 15 San Carlos (PR0+000 al PR10+000) y sub sector 4: San Carlos – Cereté (PR22+500 al PR31+990).	Antioquia y Bolívar	X	X	X	X
7	Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)	2019	Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la Troncal del Magdalena, Tramo Puerto Salgar – Puerto Araujo en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander.	Cundinamarca, Boyacá y Santander	X			
8	Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)	2016	Plan de adaptación guía ambiental: rehabilitación y mejoramiento de la vía existente, desde Alto Dolores – Lazo 1 Puerto Berrio Oeste, en el Departamento de Antioquia.	Antioquia	X	X	X	
9	Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)	2018	Programa de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA) para: la continuación de: mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la transversal Ocaña Aguaclara - Gamarra, tramo Aguaclara - Gamarra en el departamento de Cesar.	Cesar	X	X	X	X
10	Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	2018	Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA): continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la Troncal del Magdalena, Tramo Puerto Araujo – San Alberto en el Departamento de Santander.	Santander	X	X	X	X
REPETICIONES DE LA ACTIVIDAD					10	7	7	5

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.3. Aplicación de los tres métodos a los proyectos

2.3.1. Aplicación método Arboleda a cada uno de los diez (10) proyectos.

En el **Apéndice N° 3**, se encuentra de una manera más clara la aplicación del método Arboleda a cada uno de los diez proyectos; cabe resaltar que dicho Excel se localizan las diez hojas.

Apéndice N° 3. MATRIZ MÉTODO ARBOLEDA.xlsx

2.3.2. Aplicación método Conesa a cada uno de los diez (10) proyectos.

En el **Apéndice N° 4**, se describe de una manera más clara la aplicación del método Conesa a cada uno de los diez proyectos; cabe resaltar que dicho Excel se encuentra las diez hojas.

Apéndice N° 4. MATRIZ MÉTODO CONESA.xlsx

2.3.3. Aplicación método Leopold a cada uno de los diez (10) proyectos.

En el **Apéndice N° 5**, se resalta de una manera más clara la aplicación del método Leopold a cada uno de los diez proyectos; cabe resaltar que dicho Excel se encuentra las diez hojas.

Apéndice N° 5. MATRIZ MÉTODO LEOPOLD.xlsx

2.4. Análisis de los métodos aplicados en los diez (10) proyectos

2.4.1. Análisis de los resultados del método Arboleda

En el **Apéndice N° 7**, se observa de una manera más clara el análisis de resultados del método Arboleda; cabe resaltar que dicho Excel se encuentra los resultados que se mencionaran a continuación:

Apéndice N° 7. RESULTADOS MÉTODO ARBOLEDA.xlsx

2.4.1.1. Impactos ambientales generados por los factores físicos.

Según la clasificación de los componentes físicos los impactos ambientales son los siguientes:

1. Clima: Afectación a la capa de ozono y Alteración en la temperatura del sector.

2. Geología: Alteración en la permeabilidad del suelo y Alteración en la capacidad portante del suelo.

3. Geomorfología: Generación de remoción en masa, Generación de residuos por movimiento de tierras y Alteración en los procesos erosivos.

4. Suelos: Generación de residuos sólidos especiales, Cambios en la calidad de los suelos, Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo, Pérdida del suelo y Generación de residuos de construcción.

5. Aire: Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases) y Alteraciones en los niveles de ruido.

6. Agua (superficial y subterránea): Cambios en la calidad del agua superficial, Contaminación de fuentes hídricas con sedimentos, Tratamiento de aguas residuales y Uso inadecuado del agua.

7. Paisaje: Modificación del Paisaje e Impacto visual.

2.4.1.2. Impactos ambientales generados por los factores bióticos.

1. Biota acuática: Afectación de la biota acuática.

2. Fauna terrestre: Alteración de hábitat, Conservación de la fauna, Alteración de la

fauna terrestre y Alteración de la fauna aérea.

3. Vegetación terrestre o flora: Conservación de la flora, Afectación de la cobertura vegetal, Mejoramiento forestal y Alteración de la vegetación terrestre.

2.4.1.3. Impactos ambientales generados por los factores sociales.

1. Demográfico: Incremento a fragmentación de coberturas, Limpieza permanente en áreas del proyecto y Mejoramiento a la infraestructura vial.

2. Político: Generación expectativa de calidad de vida, Generación de conflictos con la comunidad y Afectación en las formas de organización del sector.

3. Económico: Generación de ingresos para la economía local, Demanda de mano de obra y de servicios, Afectación a la infraestructura de predios, Afectación a la estructura de los servicios públicos, Accesibilidad a la zona del proyecto, Generación de empleo y Aumento en la calidad y cobertura de los servicios existentes.

4. Cultura: Cambio en las condiciones culturales, Seguridad ciudadana y Afectación del patrimonio arqueológico y cultural.

2.4.1.4. Impactos ambientales más relevantes de los proyectos.

En la **Tabla 16**, se presenta la síntesis del número de impactos ambientales identificados de manera general y por cada proyecto estudiado. Además, en la **Tabla 17**, se destacan los impactos ambientales determinados por su importancia de acuerdo a su respectiva evaluación, así;

Tabla 16. *Número de impactos ambientales identificados en el método Arboleda*

CASOS DE ESTUDIO	Nº IMPACTOS
ESTUDIO TOTAL	45
PROYECTO 1	37
PROYECTO 2	44
PROYECTO 3	43
PROYECTO 4	38
PROYECTO 5	38
PROYECTO 6	41
PROYECTO 7	40
PROYECTO 8	31
PROYECTO 9	39
PROYECTO 10	42

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Tabla 17. *Impactos ambientales más relevantes en el método Arboleda*

IMPACTOS MÁS RELEVANTES			
IMPORTANCIA	IMPACTO	% IMPACTO	
NEGATIVOS	Irrelevante	Alteración en la temperatura del sector	24%
		Alteración de la fauna aérea	
		Afectación de la cobertura vegetal	
	Moderado	Generación de residuos sólidos especiales	40%
		Afectación de la biota acuática	
		Generación de remoción en masa	
		Afectación a la capa de ozono	
	Relevante	Generación de residuos de construcción	16%
		Pérdida del suelo	
	Grave	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo	16%
	Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases)		
POSITIVOS	Irrelevante	Generación expectativa de calidad de vida	16%
		Limpieza permanente en áreas del proyecto	
	Moderado	Afectación a la estructura de los servicios públicos	16%
		Demanda de mano de obra y de servicios	
	Relevante	Seguridad ciudadana	24%
		Impacto visual	
		Tratamiento de aguas residuales	
Grave	Conservación de la flora	13%	
	Generación de ingresos para la economía local		

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.4.1. Impactos ambientales negativos más relevantes.

En la **Figura 5**, se destacan los impactos ambientales de clasificación negativo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Arboleda.

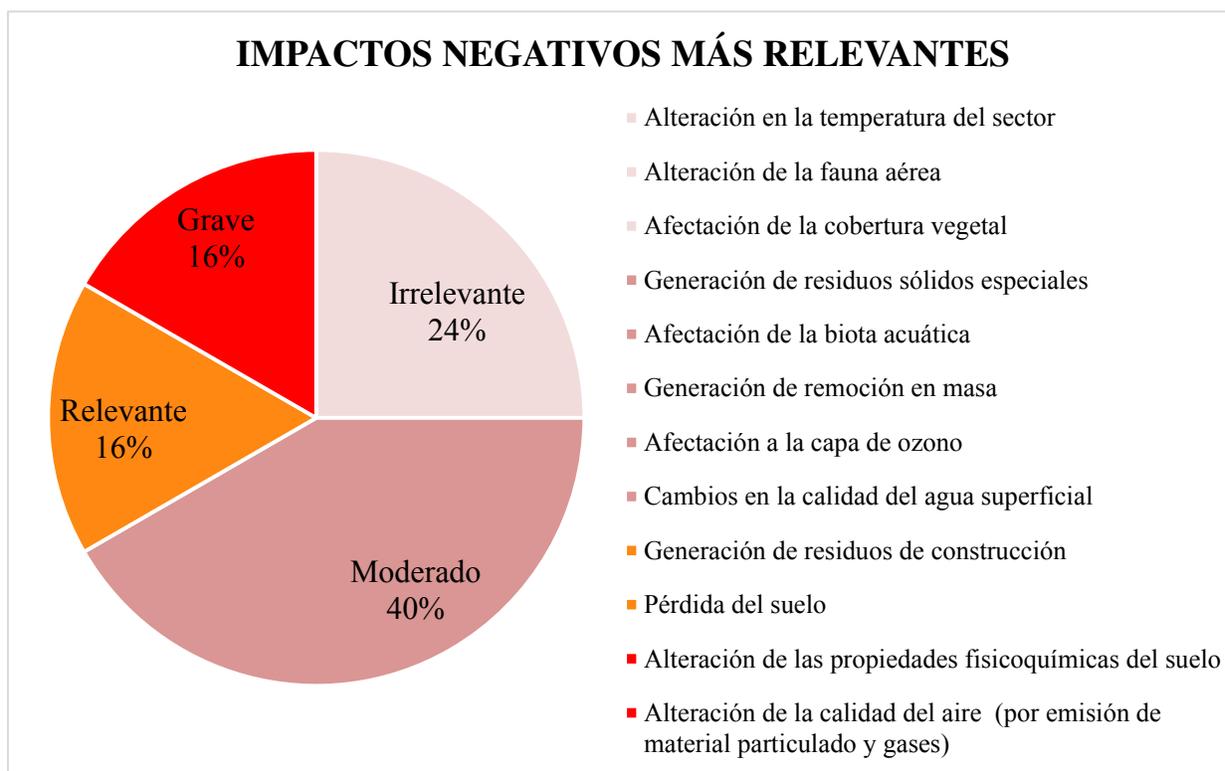


Figura 5. Impactos ambientales negativos más relevantes en el método Arboleda

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.4.2. Impactos ambientales positivos más relevantes.

En la **Figura 6**, se destacan los impactos ambientales de clasificación positiva con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Arboleda.

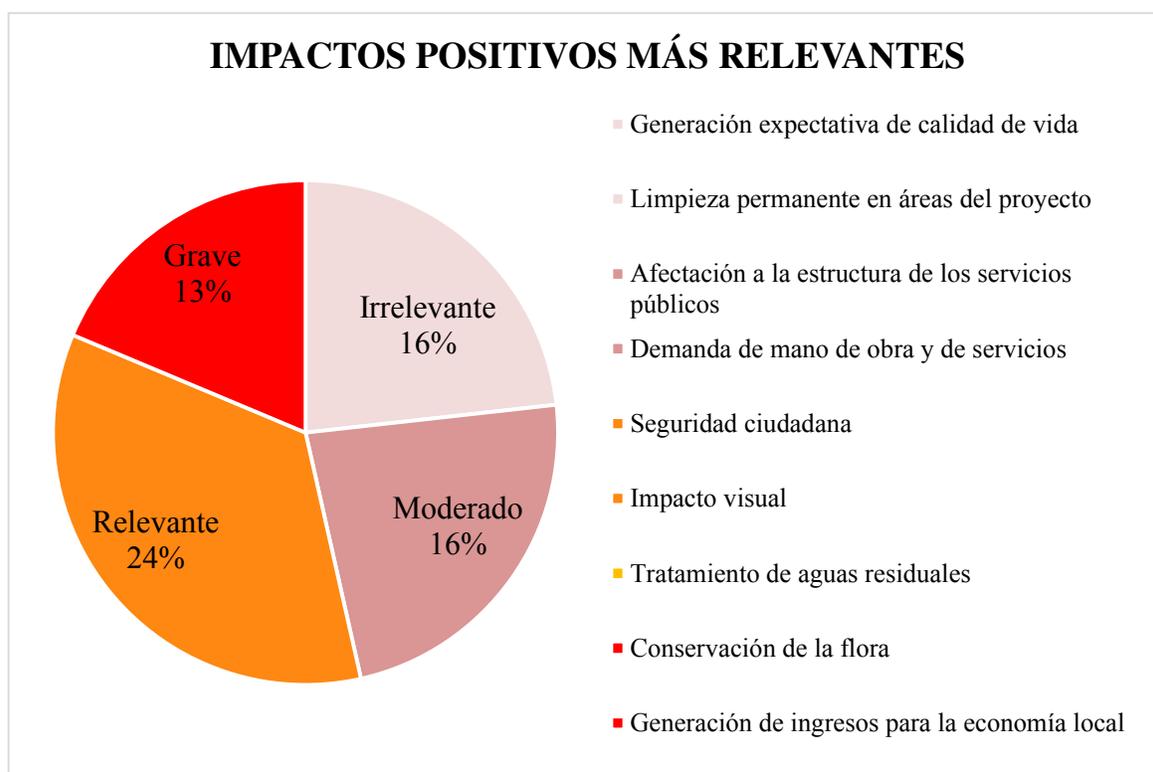


Figura 6. Impactos ambientales positivos más relevantes en el método Arboleda

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.4.3. Impactos ambientales negativos máximos y mínimos.

En la **Figura 7**, se evalúan los impactos ambientales de clasificación negativa con porcentajes de participación máxima y mínima, totalizando la información de los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Arboleda.

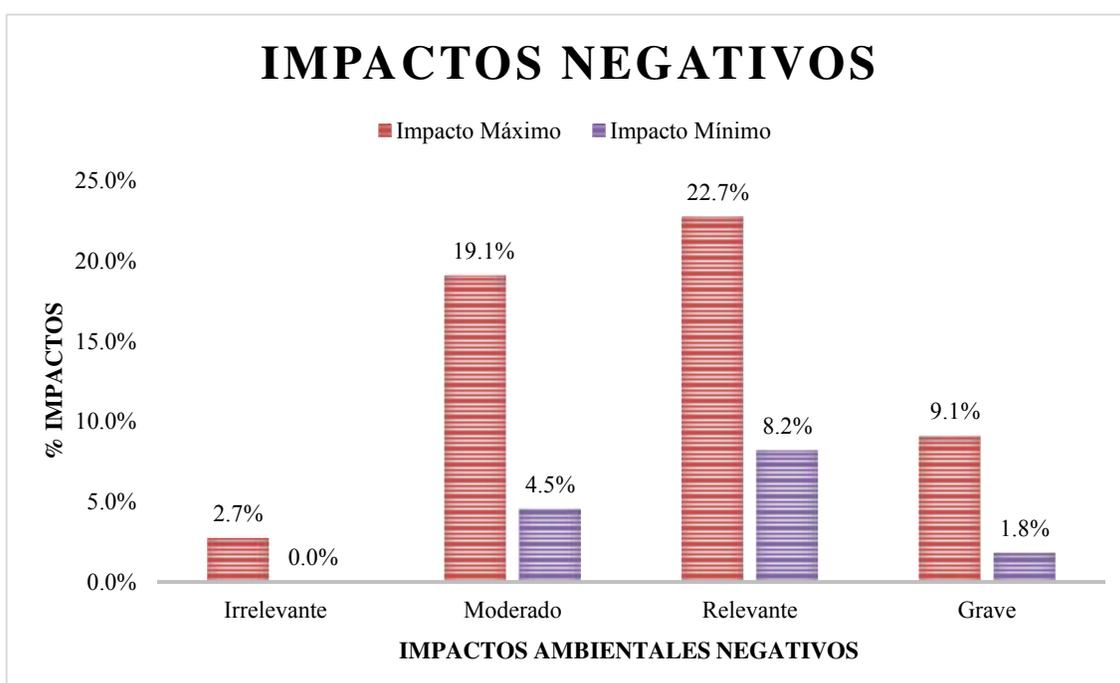


Figura 7. Impactos ambientales negativos máximos y mínimos en el método Arboleda

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.4.4. Impactos ambientales positivos máximos y mínimos.

En la **Figura 8**, se evalúan los impactos ambientales de clasificación positiva con porcentajes de participación máxima y mínima, totalizando la información de los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Arboleda.

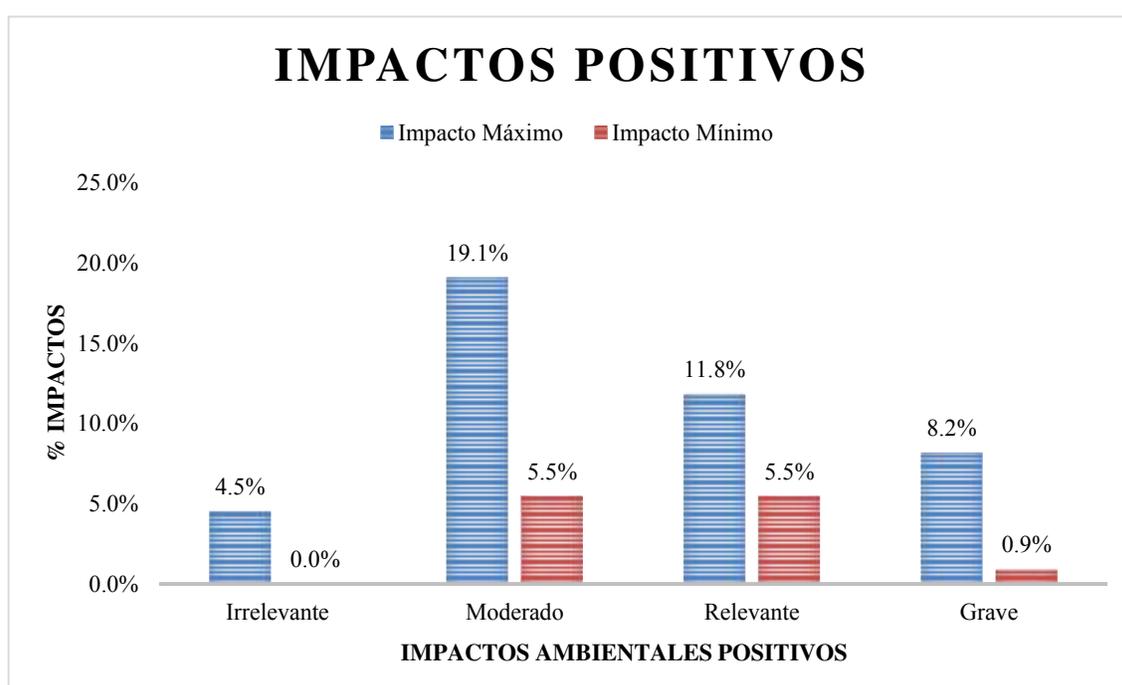


Figura 8. Impactos ambientales positivos máximos y mínimos en el método Arboleda

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.5. Actividades de mayor impacto ambiental de los proyectos.

En la **Tabla 18**, se presenta la síntesis del número de actividades generadoras de los impactos ambientales identificados de manera general y por cada proyecto estudiado. Además, en la **Tabla 19**, se destacan las actividades determinadas por su importancia de acuerdo a su respectiva evaluación, así:

Tabla 18. *Número de actividades de mayor impacto ambiental identificados en el método Arboleda*

CASOS DE ESTUDIO	Nº ACTIVIDADES
ESTUDIO TOTAL	56
PROYECTO 1	31
PROYECTO 2	39
PROYECTO 3	37
PROYECTO 4	30
PROYECTO 5	34
PROYECTO 6	34
PROYECTO 7	35
PROYECTO 8	24
PROYECTO 9	31
PROYECTO 10	41

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Tabla 19. *Actividades de mayor impacto ambiental en el método Arboleda*

ACTIVIDADES DE MAYOR IMPACTO AMBIENTAL			
CLASIFICACIÓN	ACTIVIDADES	% ACTIVIDADES	
NEGATIVOS	Irrelevante	Obras de estabilización y protección de taludes	19.3%
		Descapote y limpieza	
		Riego de imprimación con emulsión asfáltica	
	Moderado	Uso de vehículos, maquinaria y equipos pesados	32.1%
		Rellenos	
		Transporte de equipo, insumos y materiales a los frentes de trabajo	
		Manejo de residuos líquidos, domésticos e industriales	
		Correcciones a socavaciones	
	Relevante	Generación, acopio y disposición de residuos y escombros	12.9%
		Rocería, poda y tala de árboles	
Grave	Movilización de maquinaria y equipos en obra	12.9%	
	Extensión y compactación de la mezcla asfáltica		
POSITIVOS	Irrelevante	Reunión social de cierre del proyecto	19.3%
		Señalización y demarcación horizontal y vertical	
		Limpieza y entrega final	
	Moderado	Obras de protección a peatones	6.4%
	Relevante	Enpradización con semillas y cespedon	12.9%
		Recuperación de áreas intervenidas	
Grave	Contratación de mano de obra, maquinaria y equipos	6.4%	

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.5.1. Actividades de mayor impacto ambiental negativo.

En la **Figura 9**, se destacan las actividades generadoras de los impactos ambientales de clasificación negativo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Arboleda.

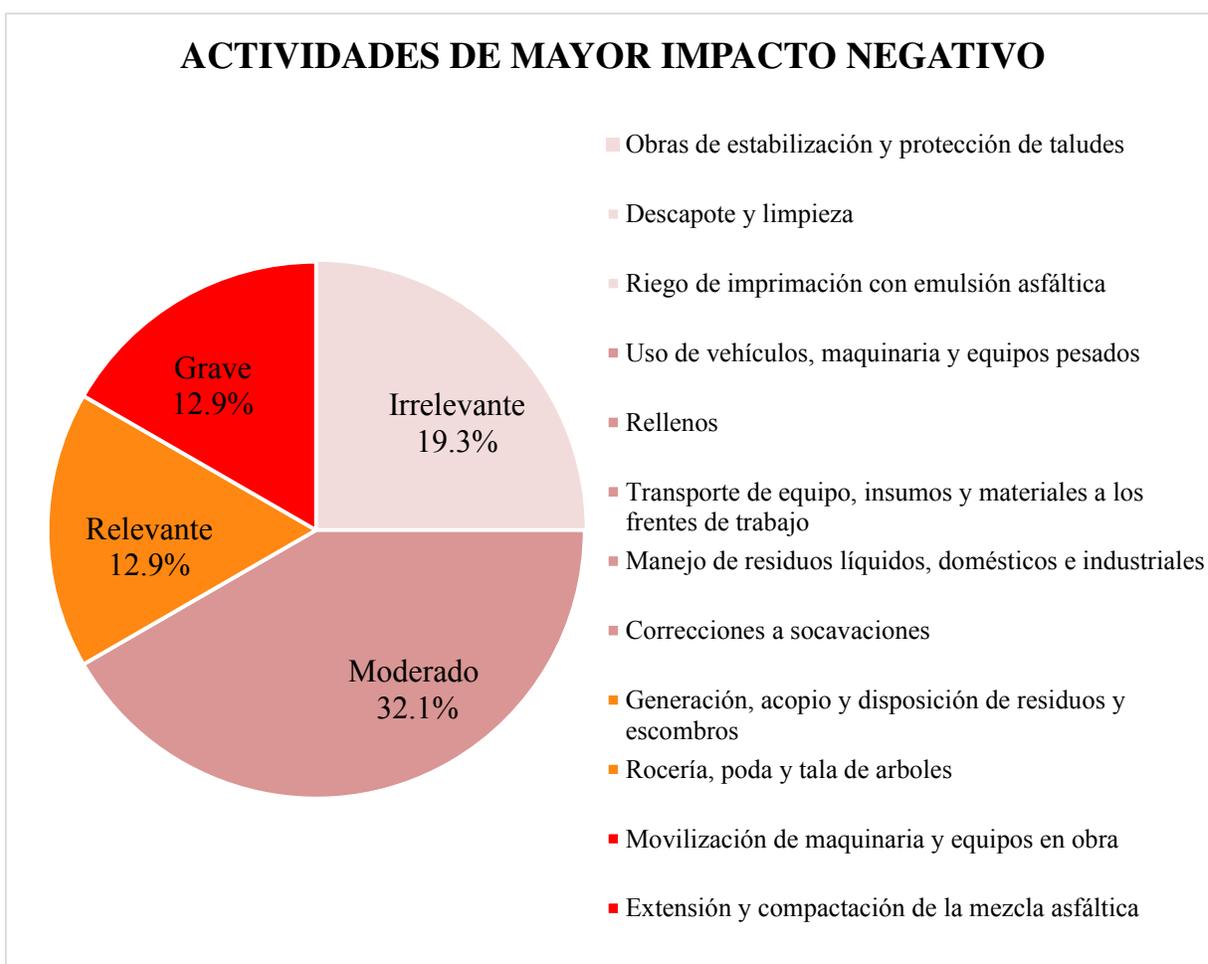


Figura 9. Actividades de mayor impacto ambiental negativo en el método Arboleda

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.1.5.2. Actividades de mayor impacto ambiental positivo.

En la **Figura 10**, se destacan las actividades generadoras del impacto ambiental de clasificación positivo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Arboleda.

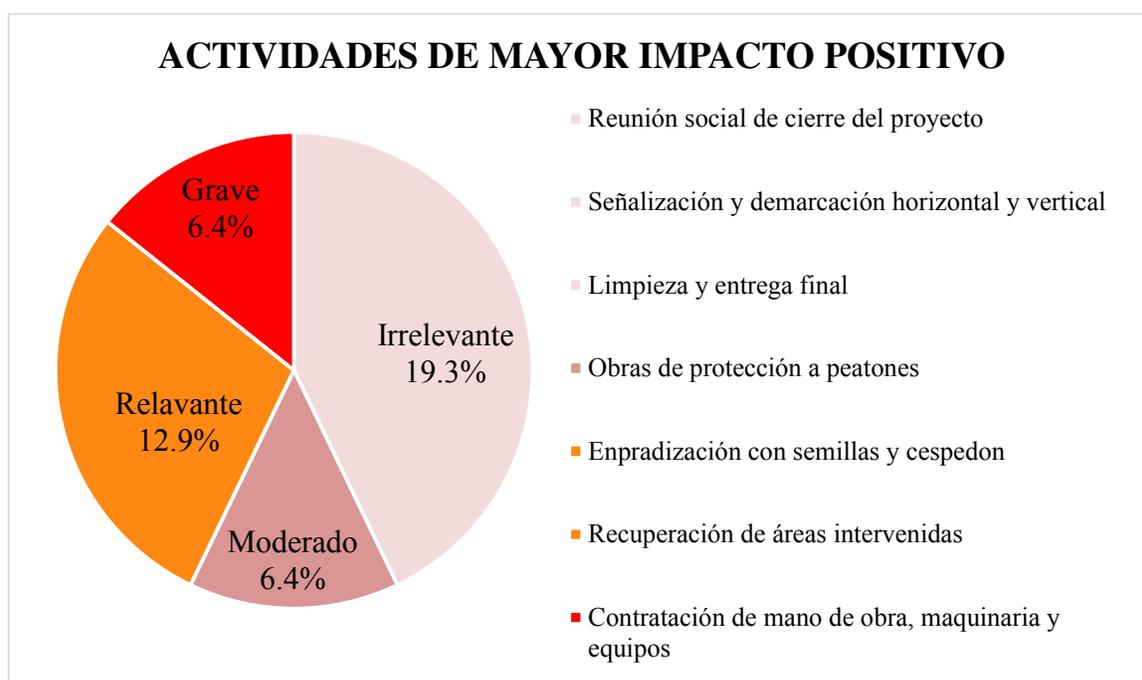


Figura 10. Actividades de mayor impacto ambiental positivo en el método Arboleda

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.2. Análisis de los resultados del método Conesa.

En el **Apéndice N° 8**, se describe de una manera más clara el análisis de resultados del método Conesa; cabe resaltar que en dicho Excel se encuentran los resultados que se mencionaran a continuación:

Apéndice N° 8. RESULTADOS MÉTODO CONESA.xlsx

2.4.2.1. Impactos ambientales generados por los factores físicos.

Según la clasificación de los componentes físicos los impactos ambientales son los siguientes:

1. Clima: Afectación a la capa de ozono y Alteración en la temperatura del sector.

2. Geología: Alteración en la permeabilidad del suelo y Alteración en la capacidad portante del suelo.

3. Geomorfología: Generación de remoción en masa, Generación de residuos por movimiento de tierras y Alteración en los procesos erosivos.

4. Suelos: Generación de residuos sólidos especiales, Cambios en la calidad de los suelos, Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo, Pérdida del suelo y Generación de residuos de construcción.

5. Aire: Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases) y Alteraciones en los niveles de ruido.

6. Agua (superficial y subterránea): Cambios en la calidad del agua superficial, Contaminación de fuentes hídricas con sedimentos, Tratamiento de aguas residuales y Uso inadecuado del agua.

7. Paisaje: Modificación del Paisaje e Impacto visual.

2.4.2.2. Impactos ambientales generados por los factores bióticos.

1. Biota acuática: Afectación de la biota acuática.

2. Fauna terrestre: Alteración de hábitat, Conservación de la fauna, Alteración de la fauna terrestre y Alteración de la fauna aérea.

3. Vegetación terrestre o flora: Conservación de la flora, Afectación de la cobertura vegetal, Mejoramiento forestal y Alteración de la vegetación terrestre.

2.4.2.3. Impactos ambientales generados por los factores sociales.

1. Demográfico: Incremento a fragmentación de coberturas, Limpieza permanente en áreas del proyecto y Mejoramiento a la infraestructura vial.

2. Político: Generación expectativa de calidad de vida, Generación de conflictos con la comunidad y Afectación en las formas de organización del sector.

3. Económico: Generación de ingresos para la economía local, Demanda de mano de obra y de servicios, Afectación a la infraestructura de predios, Afectación a la estructura de los servicios públicos, Accesibilidad a la zona del proyecto, Generación de empleo y Aumento en la calidad y cobertura de los servicios existentes.

4. Cultura: Cambio en las condiciones culturales, Seguridad ciudadana y Afectación del patrimonio arqueológico y cultural.

2.4.2.4. Impactos ambientales más relevantes de los proyectos.

En la **Tabla 20**, se presenta la síntesis del número de impactos ambientales identificados de manera general y por cada proyecto estudiado. Además, en la **Tabla 21**, se destacan los impactos ambientales determinados por su importancia de acuerdo a su respectiva evaluación, así:

Tabla 20. *Número de impactos ambientales identificados en el método Conesa*

CASOS DE ESTUDIO	Nº IMPACTOS
ESTUDIO TOTAL	45
PROYECTO 1	37
PROYECTO 2	44
PROYECTO 3	43
PROYECTO 4	38
PROYECTO 5	38
PROYECTO 6	41
PROYECTO 7	40
PROYECTO 8	31
PROYECTO 9	39
PROYECTO 10	42

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Tabla 21. *Impactos ambientales más relevantes en el método Conesa*

IMPACTOS MÁS RELEVANTES			
CLASIFICACIÓN	IMPACTOS	% IMPACTO	
NEGATIVOS	Critico	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo	16%
		Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases)	
	Severo	Generación de residuos por movimiento de tierras	24%
		Pérdida del suelo	
		Generación de residuos de construcción	
	Moderado	Cambios en la calidad del agua superficial	32%
		Afectación de la biota acuática	
		Generación de residuos sólidos especiales	
		Afectación a la capa de ozono	
	Compatible	Alteración en la temperatura del sector	24%
Alteración de la fauna aérea			
Alteraciones en los niveles de ruido			
POSITIVOS	Bajo	Generación expectativa de calidad de vida	16%
		Limpieza permanente en áreas del proyecto	
	Medio	Demanda de mano de obra y de servicios	16%
		Accesibilidad a la zona del proyecto	
	Alto	Generación de empleo	24%
		Impacto visual	
		Seguridad ciudadana	
	Muy Alto	Generación de ingresos para la economía local	8%

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.2.4.1. Impactos ambientales más relevantes.

En la **Figura 11**, se destacan los impactos ambientales de clasificación de mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la *evaluación del método Conesa*.

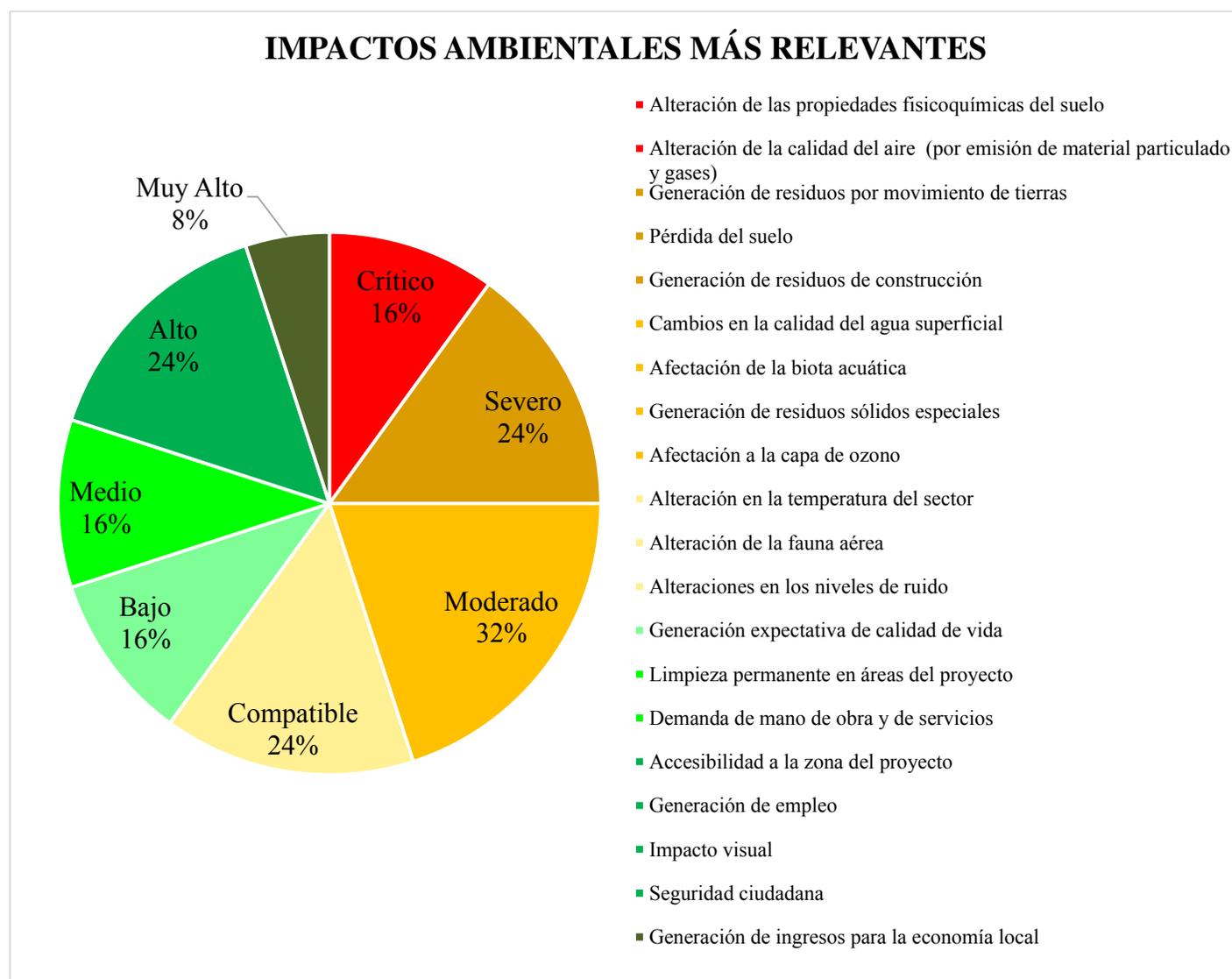


Figura 11. Impactos ambientales más relevantes en el método Conesa

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.2.4.2. Impactos ambientales negativos máximos y mínimos.

En la **Figura 12**, se evalúan los impactos ambientales de clasificación negativa con porcentajes de participación máxima y mínima, totalizando la información de los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Conesa.

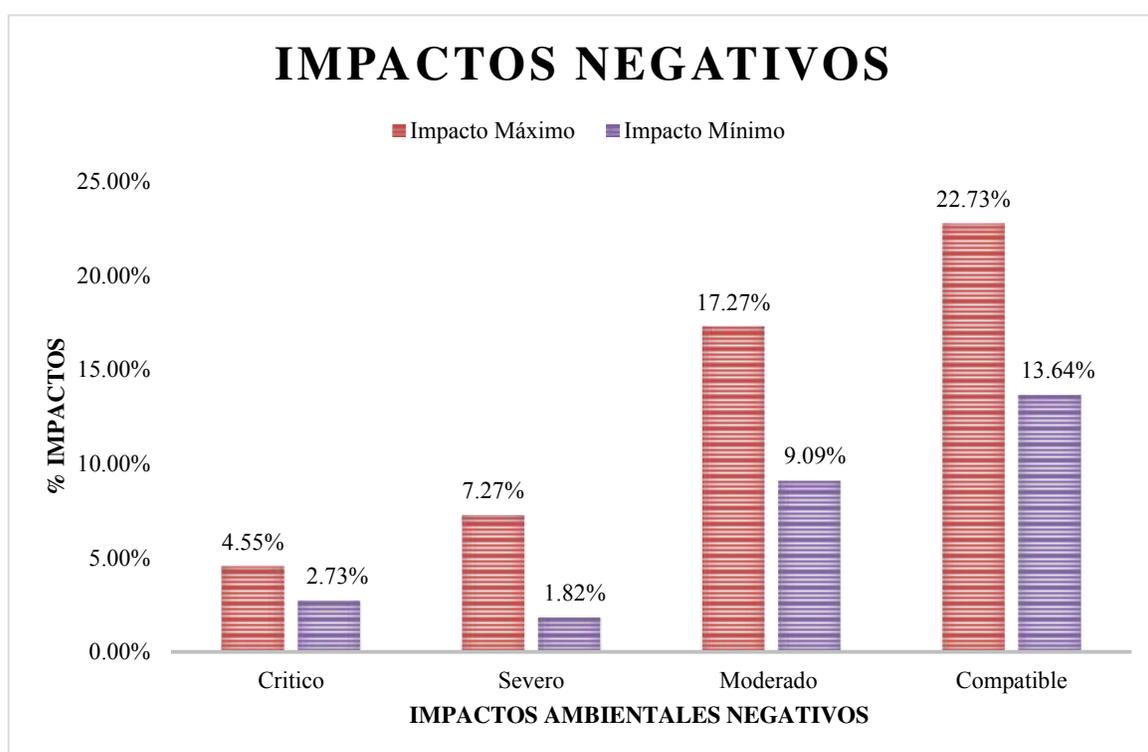


Figura 12. Impactos ambientales negativos máximos y mínimos en el método Conesa

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.2.4.3. Impactos ambientales positivos máximos y mínimos.

En la **Figura 13**, se evalúan los impactos ambientales de clasificación negativa con porcentajes de participación máxima y mínima, totalizando la información de los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Conesa.

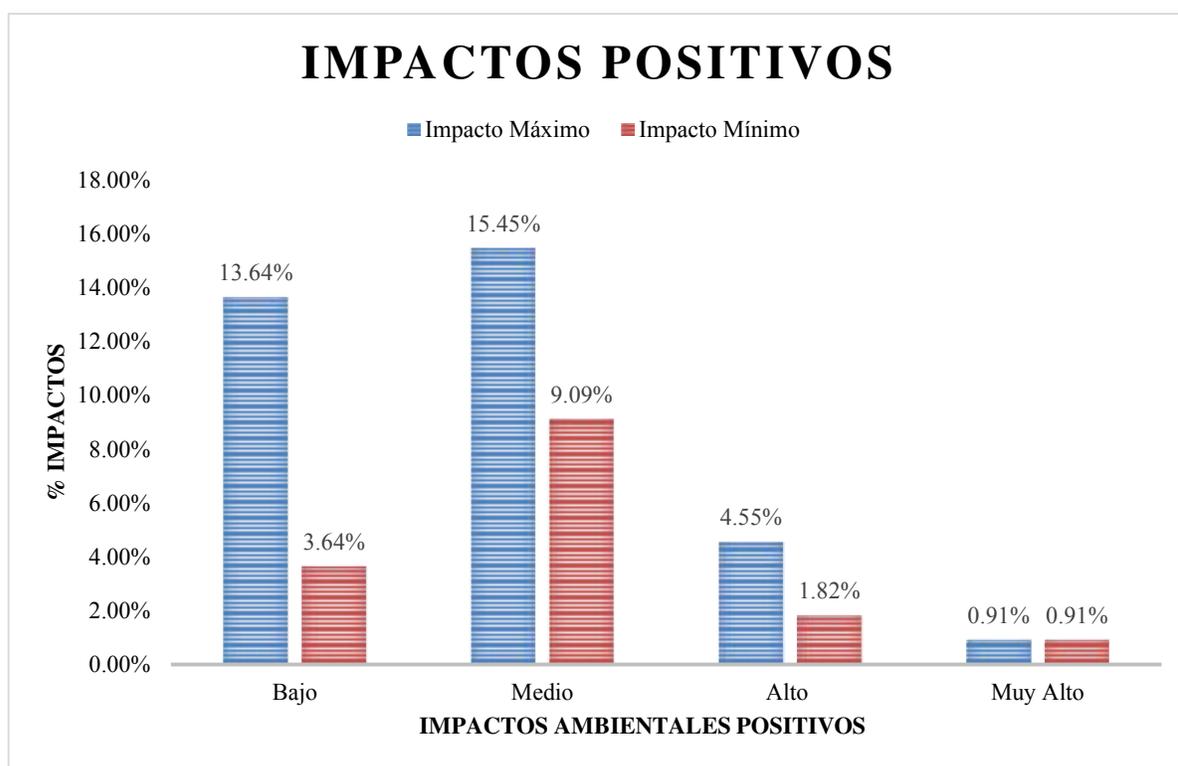


Figura 13. Impactos ambientales positivos máximos y mínimos en el método Conesa

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.2.5. *Actividades de mayor impacto ambiental de los proyectos.*

En la **Tabla 22**, se presenta la síntesis del número de actividades generadoras de los impactos ambientales identificados de manera general y por cada proyecto estudiado. Además, en la **Tabla 23**, se destacan las actividades determinadas por su importancia de acuerdo a su respectiva evaluación, así:

Tabla 22. *Número de actividades de mayor impacto ambiental identificadas en el método Conesa*

CASOS DE ESTUDIO	Nº ACTIVIDADES
ESTUDIO TOTAL	56
PROYECTO 1	31
PROYECTO 2	39
PROYECTO 3	37
PROYECTO 4	30
PROYECTO 5	34
PROYECTO 6	34
PROYECTO 7	35
PROYECTO 8	24
PROYECTO 9	31
PROYECTO 10	41

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Tabla 23. Actividades de mayor impacto ambiental en el método Conesa

ACTIVIDADES DE MAYOR IMPACTO			
CLASIFICACIÓN	ACTIVIDADES	% IMPACTO	
NEGATIVOS	Critico	Extensión y compactación de la mezcla asfáltica	12.9%
		Movilización de maquinaria y equipos en obra	
	Severo	Generación, acopio y disposición de residuos y escombros	19.3%
		Rocería, poda y tala de arboles	
		Excavaciones	
	Moderado	Manejo de residuos líquidos, domésticos e industriales	19.3%
		Transporte de equipo, insumos y materiales a los frentes de trabajo	
		Producción de concreto	
	Compatible	Obras de estabilización y protección de taludes	25.7%
		Riego de imprimación con emulsión asfáltica	
	Escarificación, re nivelación y compactación del afirmado		
	Conformación y compactación de materiales granulares		
POSITIVOS	Bajo	Señalización y demarcación horizontal y vertical	19.3%
		Reunión social de cierre del proyecto	
		Levantamiento de actas de vecindad de inicio y cierre en el área de influencia	
	Medio	Limpieza y entrega final	12.9%
		Obras de protección a peatones	
	Alto	Utilización de los elementos de protección personal	19.3%
		Enpradización con semillas y cespedon	
		Recuperación de áreas intervenidas	
	Muy Alto	Contratación de mano de obra, maquinaria y equipos	6.4%

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.2.5.1. Actividades de mayor impacto ambiental positivo y negativo.

En la **Figura 14**, se destacan las actividades generadoras de los impactos ambientales de clasificación positivo y negativo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Conesa.

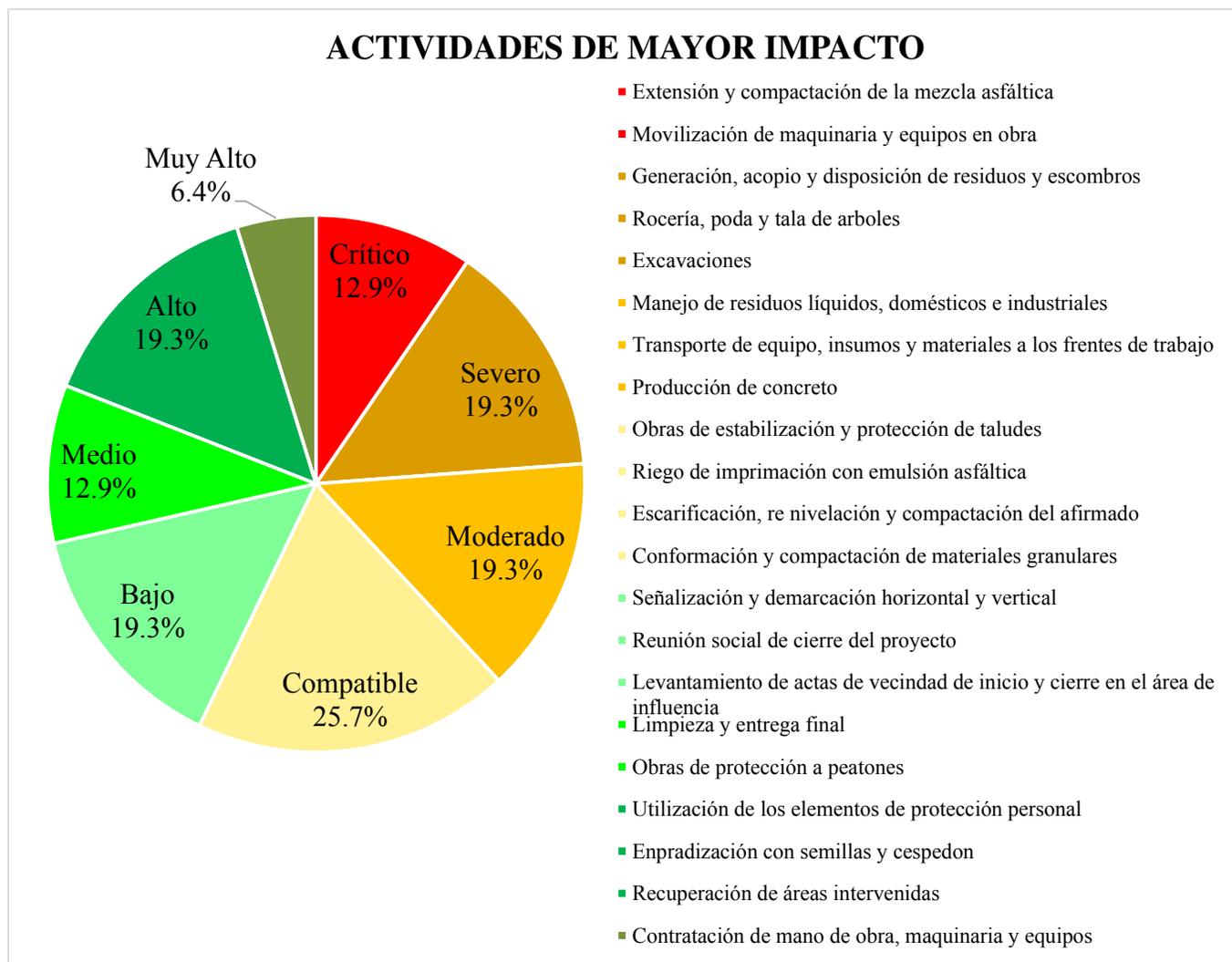


Figura 14. Actividades de mayor impacto ambiental positivo y negativo en el método Conesa

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.3. Análisis de los resultados del método Leopold.

En el **Apéndice N°9**, se describe de una manera más clara el análisis de resultados del método Leopold; cabe resaltar que dicho Excel se encuentran los resultados que se mencionaran a continuación:

Apéndice N° 9. RESULTADOS MÉTODO LEOPOLD.xlsx

2.4.3.1. Impactos ambientales.

2.4.3.1.1. Impactos ambientales generados por las condiciones físicas y químicas.

Según la clasificación de las condiciones físicas y químicas los impactos ambientales son los siguientes:

1. Tierra: Contaminación del suelo, Cambios en la calidad de los suelos, Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo, Pérdida del suelo, Generación de Inestabilidad en el suelo, Alteración de la morfología y Generación de residuos sólidos especiales.

2. Agua: Contaminación de acuíferos, Contaminación del agua, Cambios en la calidad del agua superficial, Alteración de la dinámica del cauce, Contaminación de fuentes hídricas con sedimentos, Tratamiento de aguas residuales y Alteración del régimen de caudales.

3. Atmosfera: Alteración de la calidad del aire, (Por emisión de material particulado y gases), Cambios en la calidad del aire y Alteraciones en los niveles de ruido.

4. Procesos: Activación o generación de procesos erosivos o de remoción en masa, Generación de residuos, Generación de procesos de sedimentación, Alteración del régimen sedimentológico y Generación de procesos erosivos.

2.4.3.1.2. Impactos ambientales generados por las condiciones biológicas.

1. Flora: Cambios en la cobertura vegetal, Conservación de la flora, Afectación de la cobertura vegetal, Aprovechamiento forestal, Afectación de la biota Acuática, Disminución de especies forestales vulnerables y Alteración de la vegetación terrestre.

2. Fauna terrestre: Alteración de hábitat, Desplazamiento de fauna a zonas aledañas, Conservación de la fauna, Afectación a las aves, Afectación a la especie terrestre y Alteración de la fauna terrestre y acuática.

2.4.3.1.3. Impactos ambientales generados por los factores culturales.

Según la clasificación de los factores culturales frente a los impactos ambientales son los siguientes:

1. Uso de territorio: Agricultura.

2. Estético y de interés humano: Afectación del patrimonio arqueológico y cultural, Incremento a fragmentación de coberturas, Modificación del Paisaje, Generación de conflictos con la comunidad y Generación de expectativas.

3. Nivel cultural: Alteración de las actividades económicas, Generación de ingresos locales para la economía del sector, Cambio en las condiciones culturales, Demanda de Mano de Obra y de servicios, Generación de accidentes, Afectación de ingresos y Generación expectativa de calidad de vida.

4. Servicios e infraestructura: Afectación a la infraestructura de predios, Afectación a la estructura de los servicios públicos, Seguridad Ciudadana, Afectación a la movilidad peatonal y vehicular, Afectación a la infraestructura vial y Limpieza permanente de áreas de servicios sanitarios.

2.4.3.2. Acciones causales de impacto ambiental.

Según la clasificación de las acciones propuestas que pueden causar impacto ambiental, son los siguientes:

1. Modificación del régimen: Introducción de flora o fauna exótica, Controles biológicos, Modificación de hábitat, Alteración de la cubierta terrestre, Alteración a la hidrología, Alteración del drenaje, Control de ríos y modificación de flujo, Canalización, Riego, Modificación del clima, Incendios, Superficie o pavimentación, Ruido y vibraciones.

2. Transformación del territorio y construcción: Urbanización, Emplazamientos industriales y edificios, Aeropuertos, Autopistas y puentes, Carreteras y senderos, Vías férreas, Cables y elevadores, Líneas de transmisión, oleoductos y corredores, Barreras, incluyendo vallados, Dragado y alineamiento de canales, Revestimiento de canales, Canales, Presas y embalses, Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimos, Estructuras de altamar, Estructuras de recreación, Perforación y voladura, Desmontes y relleno, Túneles y estructuras subterráneas.

3. Extracción de recursos: Perforación y voladura, Excavaciones superficiales, Excavaciones subterráneas, Perforación de pozos y transporte de fluidos, Dragado, Explotación forestal, Pesca comercial y caza.

4. Procesos: Agricultura, Ganadería y pastoreo, Piensos, Industria láctea, Generación de energía, Minería, Metalúrgica, Industria química, Industria textil, Automóviles y aeroplanos, Refinación de petróleo, Alimentos, Herrería (explotación de Madera), Celulosa y papel y Almacenamiento de productos.

5. Cambios en tráfico: Ferrocarril, Automóviles, Camiones, Aviones, Tráfico fluvial, Deportes náuticos, Caminos, elevadores, telecabinas, etc. Comunicación y Oleoductos.

6. Situación y tratamiento de residuos: Vertido en mar abierto, Vertederos, Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros, Almacenamiento subterráneo, Disposición de chatarra, Derrames en pozos de petróleo, Disposición de pozos profundos, Vertido de aguas de reiteración, Vertido de residuos urbanos, Vertido de efluentes líquidos, Balsas de estabilización y oxidación, Tanques y fosas sépticas, comerciales y domésticas, Emisión de corrientes residuales a la atmósfera, Lubricantes o aceites usados.

7. Tratamientos químicos: a. Fertilización, Descongelación química de autopista, etc., Estabilización química de suelos, Pesticidas, Control de malezas y vegetación terrestre.

8. Otros:

2.4.3.3. Impactos ambientales más relevantes en el método Leopold.

En la **Tabla 24**, se destacan los impactos ambientales determinados por su importancia de acuerdo a su respectiva evaluación, es de anotar que el número total de impactos ambientales identificados fueron 54, así:

Tabla 24. *Impactos ambientales más relevantes en el método Leopold*

IMPACTOS MÁS RELEVANTES			
COMPONENTES	IMPACTOS	% IMPACTO	
NEGATIVOS	TIERRA	Contaminación del suelo	26,67%
		Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo	
		Pérdida del suelo	
		Generación de residuos sólidos especiales	
	AGUA	Contaminación del agua	20,00%
		Cambios en la calidad del agua superficial.	
		Contaminación de fuentes hídricas con sedimentos	
	ATMOSFERA	Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases)	13,33%
		Alteraciones en los niveles de ruido.	
	PROCESOS	Generación de residuos	20,00%
		Generación de procesos de sedimentación	
		Alteración del régimen sedimentológico	
FLORA	Cambios en la cobertura vegetal	20,00%	
	Afectación de la cobertura vegetal		
	Alteración de la vegetación terrestre		

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Continuación “Tabla 24. *Impactos ambientales más relevantes en el método Leopold*”

IMPACTOS MÁS RELEVANTES		
COMPONENTES	IMPACTOS	% IMPACTO
FAUNA	Alteración de hábitat	20,00%
	Desplazamiento de fauna a zonas aledañas	
	Afectación a las aves	
USO DE TERRITORIO	Agricultura	6,67%
ESTÉTICO Y DE INTERES HUMANO	Modificación del Paisaje	13,33%
	Generación de conflictos con la comunidad.	
NIVEL CULTURAL	Generación de accidentes.	6,67%
SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	Afectación a la infraestructura de predios	13,33%
	Afectación a la movilidad peatonal y vehicular.	
ESTÉTICO Y DE INTERES HUMANO	Generación de expectativas y conflictos	6,67%
POSITIVOS	NIVEL CULTURAL	20,00%
	Alteración de las actividades económicas	
	Afectación de ingresos	
	Generación expectativa de calidad de vida	
SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	Seguridad ciudadana	6,67%

2.4.3.3.1. *Impactos ambientales negativos más relevantes.*

En la **Figura 15**, se destacan los impactos ambientales de clasificación negativo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Leopold.

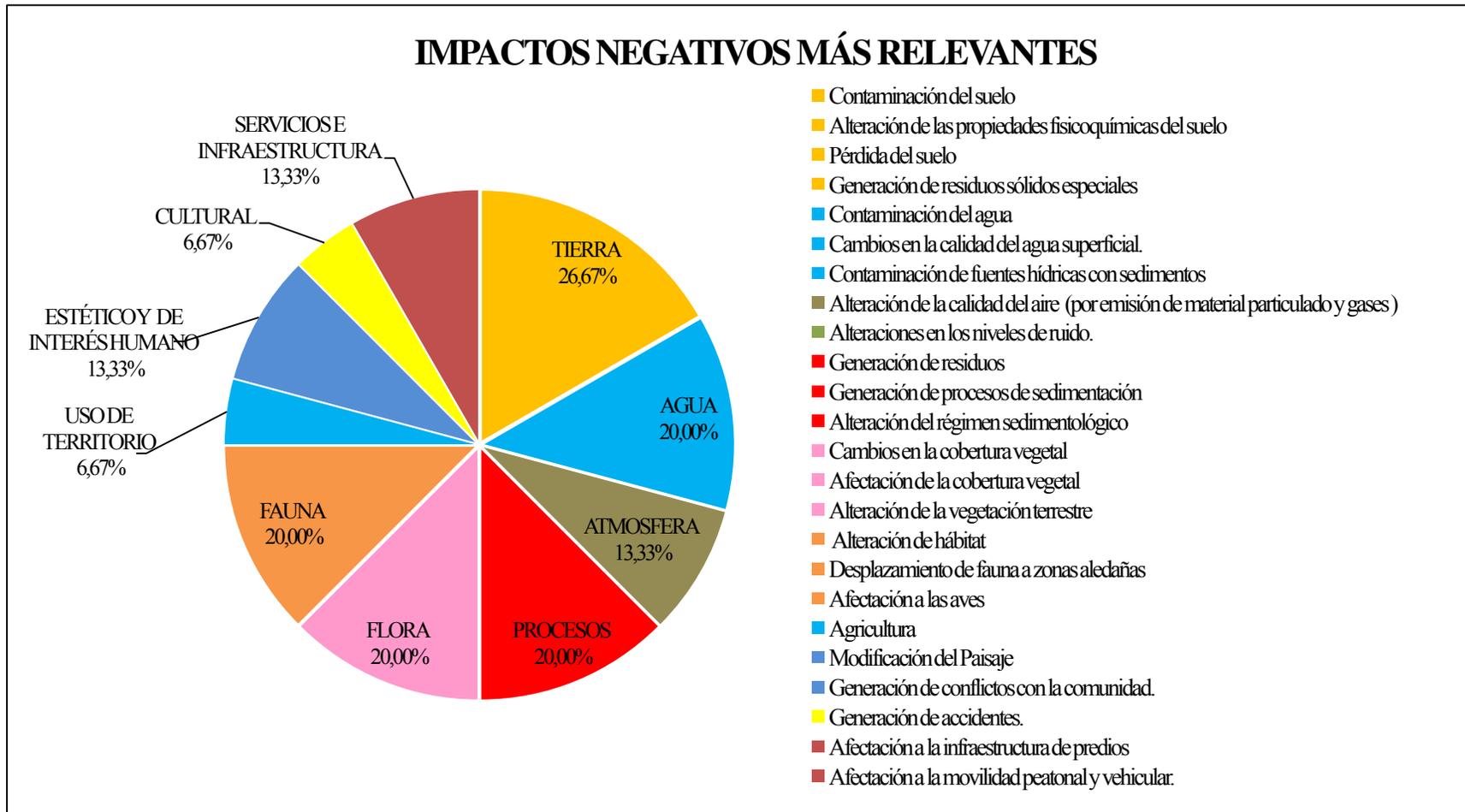


Figura 15. Impactos ambientales negativos más relevantes en el método Leopold

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.3.3.2. Impactos ambientales positivos más relevantes.

En la **Figura 16**, se destacan el impacto ambiental de clasificación positivo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Leopold.

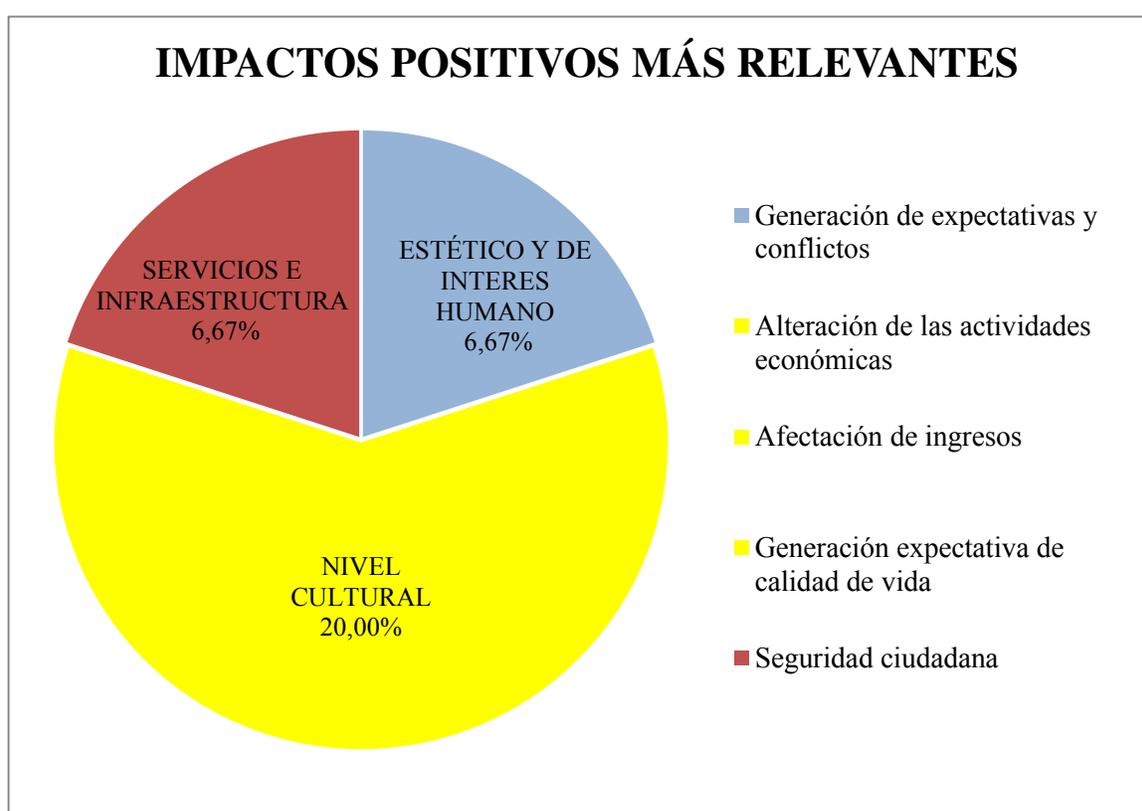


Figura 16. Impactos ambientales positivos más relevantes en el método Leopold

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.3.4. Actividades de mayor impacto ambiental de los proyectos.

En la **Tabla 25**, se destacan las actividades de mayor impacto ambiental de los proyectos determinadas por su importancia de acuerdo a su respectiva evaluación, así:

Tabla 25. *Actividades de mayor impacto ambiental identificados en el método Leopold*

ACTIVIDADES DE MAYOR IMPACTO AMBIENTAL			
ACCIONES	ACTIVIDADES	%	
		ACTIVIDADES	
NEGATIVOS	MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN	Rocería, poda y tala de arboles	32,14%
		Fresado del pavimento	
		Demolición y remoción	
		Obras hidráulicas y drenaje	
		Extensión y compactación de la mezcla asfáltica	
	TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN	Remoción de derrumbes y deslizamientos	51,43%
		Terraplenes	
		Rellenos	
		Escarificación re-nivelación y compactación del afirmado	
		Refuerzo de carpeta de rodadura	
	Conformación y compactación de materiales granulares		
	Elaboración de estructuras vaciadas in situ		
EXTRACCIÓN DE RECURSOS	Excavaciones	6,43%	
PROCESOS	Almacenamiento y disposición final de los materiales sobrantes	19,29%	
	Producción de concreto		
	Suministro e instalación de prefabricados en concreto		

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Continuación “Tabla 25. *Actividades de mayor impacto ambiental identificados en el método Leopold*”

ACTIVIDADES DE MAYOR IMPACTO AMBIENTAL			
	ACCIONES	ACTIVIDADES	%
			ACTIVIDADES
NEGATIVOS	ALTERACIONES DEL TERRENO	Correcciones a socavaciones Suministro e instalación de Geotextiles y Geodrenes	12,86%
	CAMBIOS EN TRÁFICO	Transporte de equipo, insumos y materiales a los frentes de trabajo Movilización de maquinaria y equipos en obra Uso de vehículos, maquinaria y equipos pesados	19,29%
	SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Generación, acopio y disposición de residuos y escombros	6,43%
	TRATAMIENTOS QUÍMICOS	Obras de estabilización y protección de taludes Riego de imprimación con emulsión asfáltica Mejoramiento de subrasante	19,29%
	OTROS	Movilización de personal a los frentes de obra	6,43%
	MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN	Empradización con semillas y cespedon Recuperación de áreas intervenidas	12,86%
POSITIVOS	TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN	Descapote y limpieza Limpieza y entrega final	12,86%
	ALTERACIONES DEL TERRENO	Adecuación paisajística de las áreas intervenidas	6,43%
	CAMBIOS EN TRÁFICO	Contratación de mano de obra, maquinaria y equipo	6,43%
	OTROS	Obras de protección a peatones Gestión de predial Reunión social de cierre del proyecto Utilización de los elementos de protección personal	25,71%

2.4.3.4.1. *Actividades de mayor impacto ambiental negativo de los proyectos.*

En la **Figura 17**, se destacan las actividades de los impactos ambientales de clasificación negativo con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Leopold.

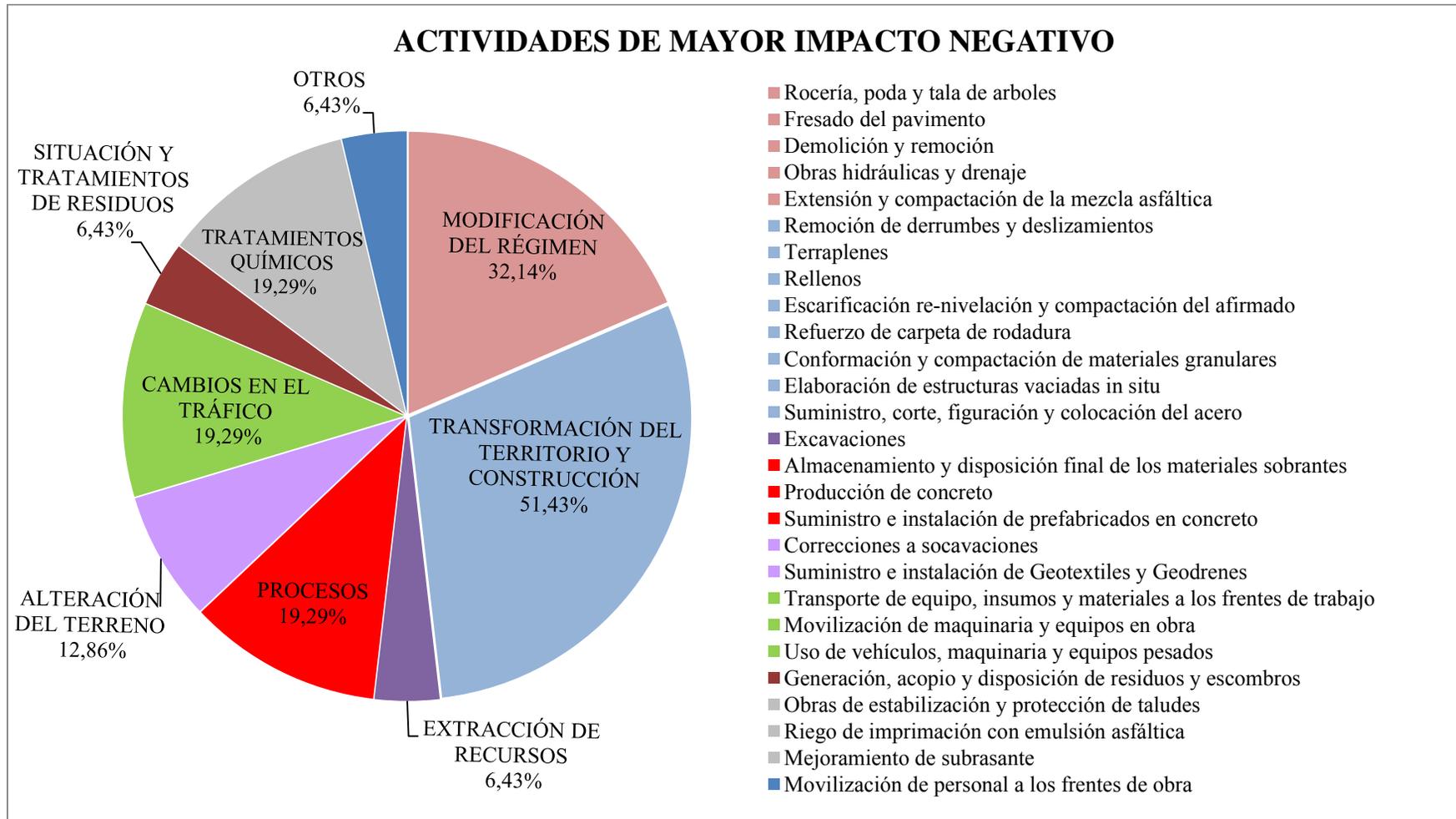


Figura 17. Actividades de mayor impacto ambiental negativo en el método Leopold

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.3.4.2. Actividades de mayor impacto ambiental positivo.

En la **Figura 18**, se destacan las actividades de los impactos ambientales de clasificación positiva con mayor relevancia e incidencia en los diez proyectos analizados, a través de la evaluación del método Leopold.

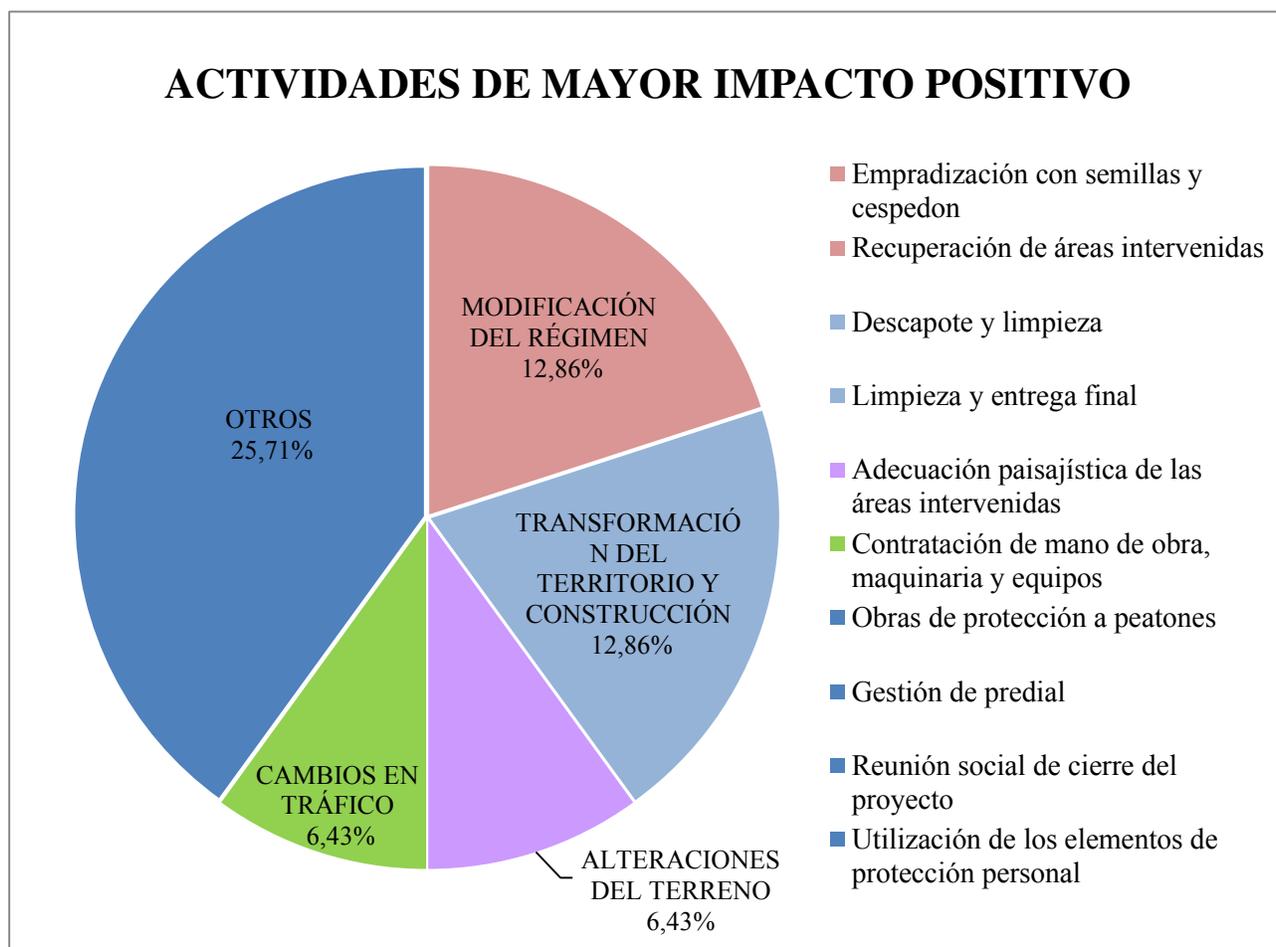


Figura 18. Actividades de mayor impacto ambiental positivo en el método Leopold

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.3.5. Acciones ambientales de mayor magnitud.

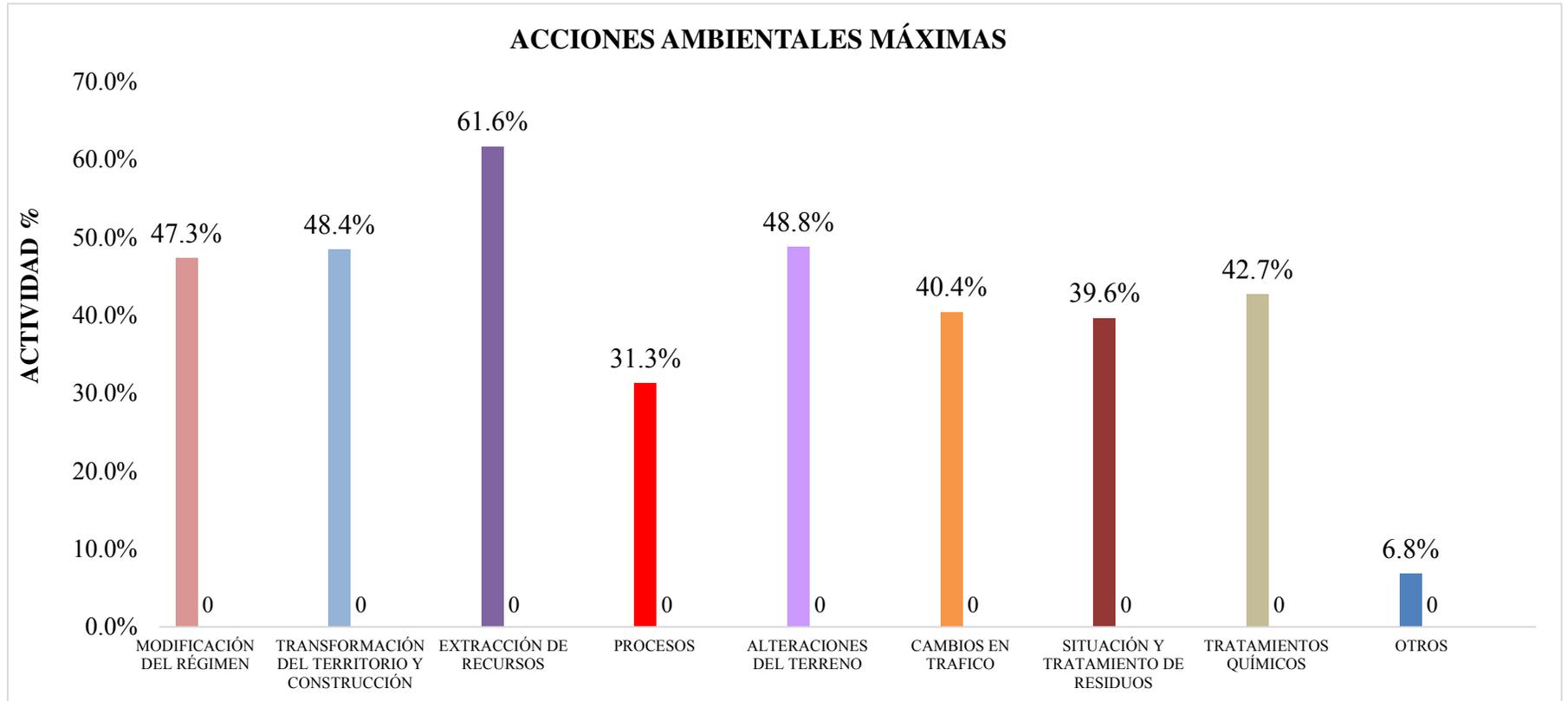


Figura 19. Acciones ambientales de mayor magnitud en el método Leopold

Fuente. Autor del proyecto (2020).

2.4.3.6. Componentes ambientales de mayor magnitud.

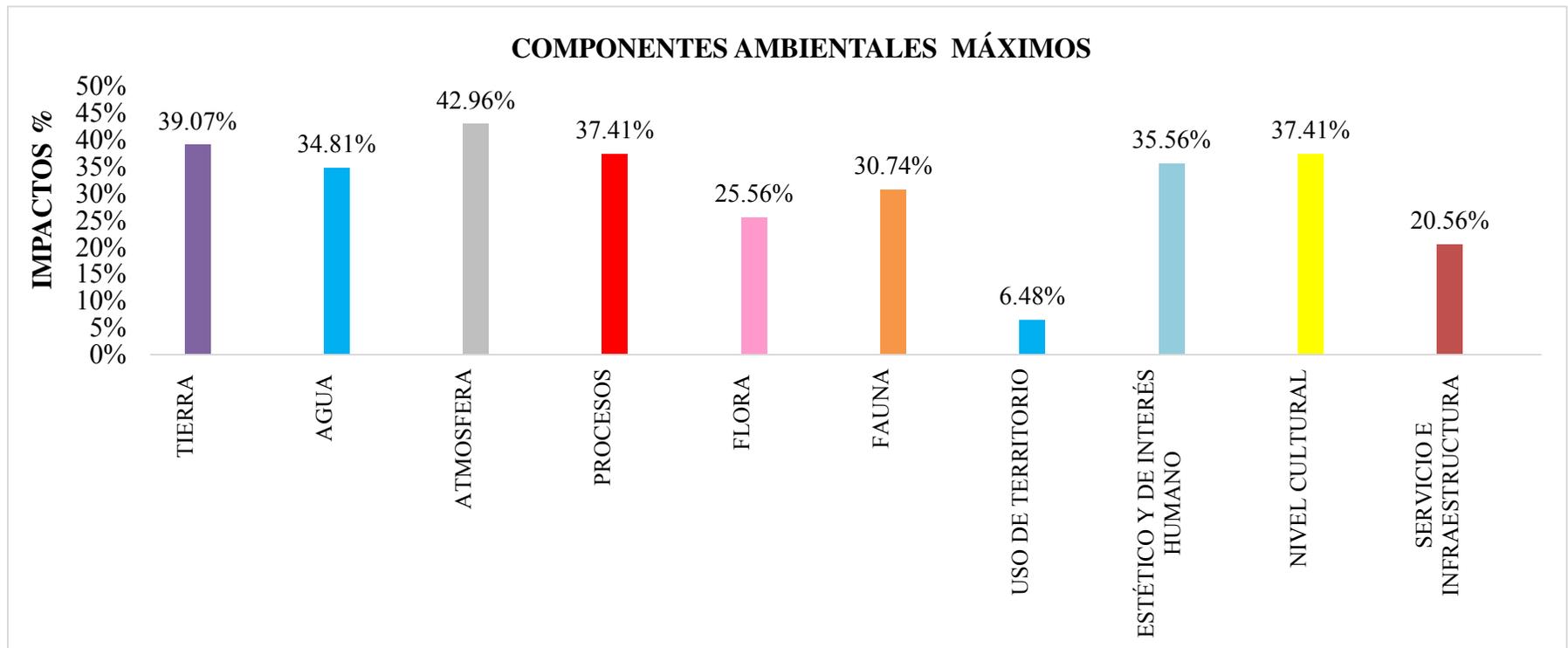


Figura 20. Componentes ambientales de mayor magnitud en el método Leopold

Fuente. Autor del proyecto (2020).

Capítulo 3. Análisis crítico y contributivo de los datos alcanzados con respecto al impacto ambiental en Colombia

3.1. Análisis crítico de los resultados de la evaluación de impacto ambiental, de los métodos de estudio en los 10 proyectos

3.1.1. Análisis crítico del método Arboleda.

Evidentemente, el método Arboleda para la evaluación de impactos ambientales (EIA) en los proyectos de mantenimiento vial seleccionados, utiliza o tiene como base principal los componentes y factores ambientales empleados en el método Conesa; lo cual indica que la herramienta Arboleda es una derivación o ajuste de la metodología Conesa, no obstante, se debe tener en cuenta, que a pesar de que existen ciertas similitudes entre ellas, los criterios considerados para realizar la identificación de las actividades, y evaluación de los impactos ambientales, son totalmente diferentes en ambos métodos, incluyendo como su clasificación y valor de importancia, los cuales se pueden ser negativos o positivos, de acuerdo a su evaluación.

Ahora bien, en referencia a los **IMPACTOS** con relación a los resultados de la aplicación del método Arboleda en concordancia con los proyectos estudiados, se evidencia que a través del análisis de los impactos negativos en la clasificación “**Moderado**”, se observó una gran incidencia del 40%, en el cual se generaron algunos impactos ambientales, tales como:

- Generación de residuos sólidos especiales
- Afectación de la biota acuática
- Generación de remoción en masa
- Afectación a la capa de ozono, y
- Cambios en la calidad del agua superficial.

Asimismo se distingue, que a través del análisis de los impactos positivos en relación a la clasificación “**Relevante**” se percibe una mayor incidencia del 24%, frente a las demás clasificaciones, produciendo los siguientes impactos:

- Seguridad ciudadana
- Impacto visual, y
- Tratamiento de aguas residuales.

De igual forma, en los resultados del análisis de las **ACTIVIDADES** causantes de impactos negativos, la clasificación “**Moderado**” logro un alcance máximo del 32.1% del impacto ambiental, generado por actividades, tales como:

- Uso de vehículos, maquinaria y equipos pesados
- Rellenos

- Transporte de equipo, insumos y materiales a los frentes de trabajo
- Manejo de residuos líquidos, domésticos e industriales, y
- Correcciones a socavaciones.

Posteriormente, en los resultados del análisis de las **ACTIVIDADES**, la valoración de los impactos positivos frente a la clasificación “**Irrelevante**” ascendió un 19.3% con respecto a las demás clasificaciones, presentando los siguientes impactos ambientales:

- Reunión social de cierre del proyecto
- Señalización y demarcación horizontal y vertical, y
- Limpieza y entrega final.

Es de anotar, que a pesar de que en cada uno de los proyectos de mantenimiento vial evaluados, presentan una clasificación “**grave**”, no deja de ser importante cuando se unifican dichos proyectos, ya que, al no ser los más repetitivos del estudio, su importancia es la más alta en los rangos de evaluación. Por lo tanto, es fundamental destacarlos para realizar obras de mitigación o implementación según sea el caso. De manera que, los impactos ambientales negativos de clasificación “**grave**” son los siguientes:

- Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo

- Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases)

Y el impacto ambiental positivo de clasificación “grave” es el siguiente:

- Generación de ingresos para la economía local

En relación a lo anterior, podemos destacar de la misma forma, la actividad que genera el impacto ambiental negativo “grave” es: **La extensión y compactación de la mezcla asfáltica**, y por el contrario, la actividad que produce el impacto ambiental positivo más alto es: **Contratación de mano de obra, maquinaria y equipos**.

3.1.2. Análisis crítico del método Conesa.

Desde la perspectiva del método Conesa en la evaluación de impactos ambientales (EIA) de los proyectos de mantenimiento vial seleccionados, se analizan los criterios específicos para realizar la identificación y evaluación de las actividades y sus impactos ambientales, los cuales se determinan como negativos y positivos, de acuerdo a su evaluación.

Acerca de los **IMPACTOS** ambientales identificados en los resultados de la aplicación del método Conesa, en correlación con los proyectos estudiados, en los

impactos ambientales negativos de clasificación “**Moderado**”, hubo mayor incidencia en un 32%, generando los siguientes:

- Cambios en la calidad del agua superficial
- Afectación de la biota acuática
- Generación de residuos sólidos especiales, y
- Afectación a la capa de ozono.

Igualmente, en la evaluación de los impactos ambientales positivos la clasificación “**Alto**”, logro un alcance máximo del 24% de incidencia sobre las demás clasificaciones, produciendo los siguientes impactos:

- Generación de empleo
- Impacto visual, y
- Seguridad ciudadana.

De igual forma, en los resultados del análisis de las **ACTIVIDADES** causantes de impactos ambientales negativos, en la clasificación “**Compatible**” se logró un máximo del 25.7% de impacto, detallándose a continuación:

- Obras de estabilización y protección de taludes
- Riego de imprimación con emulsión asfáltica

- Escarificación, re nivelación y compactación del afirmado, y
- Conformación y compactación de materiales granulares.

Posteriormente, en la valoración de los impactos ambientales positivos la clasificación “**Alto**” obtuvo un 19.3% de impacto superior a las demás, describiéndose:

- Utilización de los elementos de protección personal
- Enpradización con semillas y cespedon, y
- Recuperación de áreas intervenidas.

Es preciso enfatizar, que a pesar de que en cada uno de los proyectos de mantenimiento vial evaluados, presentan una clasificación “**crítico**” y “**muy alto**”, los cuales no dejan de ser importantes cuando se unifican dichos proyectos, ya que, al no ser los más repetitivos del estudio, su importancia es la más alta en los rangos de evaluación. Por lo tanto, es fundamental destacarlos para realizar obras de mitigación o implementación según sea el caso. De manera que, los impactos ambientales negativos de clasificación “**crítico**”, son los siguientes:

- Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo
- Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado y gases)

Y, el impacto ambiental positivo de clasificación “**muy alto**”, es la generación de ingresos para la economía local.

En conjunto a lo anteriormente mencionado, se puede destacar del mismo modo, que las actividades generadoras de impactos ambientales negativos “**crítico**” son: **movilización de maquinaria y equipos de obra; y la extensión y compactación de la mezcla asfáltica**, por el contrario, la actividad que produce el impacto ambiental positivo “**muy alto**”, es: **Contratación de mano de obra, maquinaria y equipos**.

3.1.3. Análisis crítico del método Leopold.

Respecto a la evaluación del impacto ambiental por medio del método Leopold, se analiza la afectación que hay referente a los mismos, sobre las zonas de localización de los proyectos de mantenimiento vial, donde se destacan **IMPACTOS** ambientales negativos, distribuidos de la siguiente forma:

Componente tierra: Con un 26,67%, siendo el más afectado causando daños relevantes, tales como:

- La contaminación del suelo, y
- Alteración y pérdida de las propiedades del suelo.

Componente agua: Con un 20%, en el cual se encuentran los impactos ambientales más significativos, donde se describen:

- Contaminación del agua, y
- Cambios en la calidad del agua superficial.

Componente procesos: Con un 20%, en el cual se encuentran los impactos ambientales más significativos, donde se describen:

- Generación de residuos, y
- Generación de procesos de sedimentación.

Componente flora: Con un 20%, en el cual se encuentran los impactos ambientales más significativos, donde se describen:

- Cambios en la cobertura vegetal, y
- Alteración de la vegetación terrestre.

Componente fauna: Con un 20%, en el cual se encuentran los impactos ambientales más significativos, donde se describen:

- Alteración de hábitat
- Afectación a las aves.

Igualmente, se destacan los **IMPACTOS** ambientales positivos, distribuidos de la siguiente forma; **Componente a nivel cultural**, con un 20%, en el cual se encuentran el impacto ambiental positivo más significativo, el cual es **la generación de expectativa de calidad de vida.**

Por otra parte, las **ACTIVIDADES** identificadas por medio de las acciones, las cuales generan un mayor impacto ambiental negativo alcanzan un 51,43% por encima de las demás, señalando las siguientes:

Acción transformación del territorio y construcción: En el cual se encuentran las actividades causantes de los impactos ambientales negativos más significativos, descritas a continuación:

- Terraplenes
- Rellenos
- Escarificación, re nivelación y compactación del afirmado
- Elaboración de estructuras vaciadas in situ, y

- Suministro, corte, figuración y colocación del acero.

Acción otros: En el cual se encuentran las actividades causantes de los impactos ambientales positivos más significativos, descritas a continuación:

- Obras de protección a peatones
- Gestión predial
- Reunión social de cierre del proyecto, y
- Utilización de elementos de protección personal.

3.2. Análisis crítico de los resultados de la evaluación de impacto ambiental, en los tres (3) métodos de estudio

En el análisis crítico frente a los resultados de la evaluación de impacto ambiental, con respecto a los tres métodos, se observan los más relevantes, así:

3.2.1. Impactos ambientales negativos.

- **Alteraciones en la calidad del aire**

Este es uno de los mayores impactos ambientales generado por la ejecución de un proyecto de mantenimiento de vial, ya que, durante la obras hay numerosas actividades que producen partículas sólidas y líquidas, las cuales causan diversas emisiones a la atmósfera, dichas alteraciones se encuentran asociadas al ruido, al polvo y al uso de

maquinaria pesada, produciendo de esta manera, emisiones de Bióxido de Carbono (CO₂).

- **Alteraciones de las propiedades fisico-químicas del suelo**

Es un impacto ambiental que afecta la textura, el color, la consistencia, la porosidad y la densidad, entre otras propiedades; dichas alteraciones se presentan a través de los residuos sólidos, generados por las siguientes actividades: demoliciones, desmonte, excavaciones y demás tareas que alteran directamente al suelo.

3.2.2. Impactos ambientales positivos.

- **Generación de ingresos**

Gracias a los proyectos que se ejecutan en las diferentes regiones del país, este impacto brinda a la población vulnerable, el fácil acceso al empleo formal, haciendo parte de los proyectos de mantenimiento vial.

- **Conservación de la fauna**

La fauna es un recurso natural renovable y de gran importancia en el medio ambiente, el cual se debe proteger en la medida en que se ejecuta el proyecto de mantenimiento vial, colocando en práctica las fichas técnicas de manejo de impactos.

3.2.3. Actividades de mayor incidencia de impacto negativo.

- **Movilización de maquinaria y equipos en obra**

En los desplazamientos de equipos y maquinaria se generan grandes riesgos, al personal de obra, los transeúntes y al entorno en general, teniendo en cuenta, el tamaño de algunos equipos, se pueden generar, ruidos dentro y fuera de la obra, produciendo al mismo tiempo la emisión de gases, polvo, derrames de combustible, vibraciones y demás impactos, que afectan directamente al medio ambiente.

- **Extensión y compactación de la mezcla asfáltica**

En el momento de ejecutar la actividad de extensión y compactación de la mezcla asfáltica, se producen alteraciones en la calidad del agua, contaminación del suelo, aumento en la dispersión de olores, elevación de la temperatura local por la combinación de sus agregados pétreos y demás componentes.

3.2.4. Actividades de mayor incidencia de impacto positivo.

- **Empradización con semilla y cespedon**

Esta actividad tiene ventajas, que aportan al medio ambiente una rehabilitación a la vegetación, ayudando así, a la protección de taludes, terraplenes, entre otros, contribuyendo a la recuperación del sector intervenido, al finalizar el proyecto de mantenimiento vial.

- **Recuperación de áreas intervenidas**

En la etapa de finalización de los proyectos de mantenimiento vial, se debe realizar un plan de recuperación para el restablecimiento de la flora afectada, aportando la inclusión de las especies vegetales y animales, las condiciones del suelo, del agua y demás factores, teniendo en cuenta, los criterios técnicos ambientales para su ejecución.

- **Contratación de mano de obra, maquinaria y equipos**

Esta es una actividad en específico, la cual permite la contratación de los recursos locales y la subcontratación de los bienes y servicios prestados, por la mano obrera del sector, donde se realiza el proyecto de mantenimiento vial.

3.3. Contribuciones y valores agregados a las buenas prácticas con relación al impacto ambiental en la ingeniería civil

Una de las contribuciones más importantes desde el punto de vista de la Ingeniería Civil, es la protección y preservación del medio ambiente, convirtiéndonos de esta manera en defensores ambientales, en aras de realizar buenas practicas, es así, que por medio de los diversos análisis de resultados realizados a través de los métodos estudiados, en la evaluación de impactos ambientales (EIA), se logra identificar las actividades causales de los impactos ambientales que hagan inviable un proyecto en la

etapa de ejecución, por ende es importante verificar la evaluación de las actividades y los impactos en la etapa de planeación, con el fin de implementar las herramientas necesarias para la mitigación del impacto en el caso de ser negativo, o implementarlas si es un impacto positivo, de esta manera se propiciara una factibilidad oportuna del proyecto en el transcurso del mismo.

Conclusiones

A partir del estudio claro y conciso, que se ha realizado a través de esta monografía de investigación, se pueden dar cuenta de la importancia en la aplicación de los métodos Arboleda, Conesa y Leopold, los cuales fueron el punto de partida para realizar un análisis concluyente en referencia a los diez proyectos de mantenimiento vial en Colombia.

Es así, que en la aplicación de los métodos antes mencionados permite dar un fundamento más diáfano, en el empoderamiento de los estudios relacionados con las matrices, que permiten la identificación de ciertas variables que se buscan en estos proyectos en específico, consintiendo así, la detección de los impactos ambientales que se dieron dentro de la ejecución de estos proyectos, pero cabe anotar, que esta investigación en particular brindó unas bases técnicas y operativas para un futuro, con el fin de evitar disímiles impactos ambientales que en ultimas terminan afectando el ecosistema que nos rodea.

Y con todo lo planteado anteriormente, se puede concluir como criterio propio y en base al análisis de los métodos aplicados, que en este estudio en particular, el cual se ha realizado de una manera práctica y responsable; se puede deducir que la metodología más precisa, eficaz, eficiente y de fácil entendimiento y aplicación, es el método Conesa, ya que, presenta unos criterios específicos los cuales permiten una evaluación optima, clara, y exacta logrando la evaluación de los

impactos ambientales ya identificados, además de todo lo esbozado, tiene como connotación una escala de rangos de evaluación que permite una clasificación puntual del tipo de impacto, que se puede presentar según la importancia calculada, mediante las herramientas implícitas dentro del método en mención.

Además del reconocimiento del método más efectivo, en relación a la identificación de los impactos ambientales más relevantes, se puede observar que el impacto ambiental de mayor influencia negativa son las **“Alteraciones en la calidad del aire”** algunas medidas de manejo para mitigar dicho impacto, es asegurar el óptimo funcionamiento de los vehículos, verificando que cumplan con la normativa vigente en relación al medio ambiente; y las **“Alteraciones de las propiedades físico-químicas del suelo”**, cuyo impacto es mitigado a través del manejo y disposición adecuada de los elementos contaminantes, además, se debe evitar que el suelo quede expuesto tras las actividades de preparación del mismo. No obstante, todas las alternativas de mitigación planteadas en un proyecto, deben realizarse por medio del plan de manejo ambiental (PMA),

Referencias

- Angarita, C. (2016). Diseño de una guía metodológica de seguimiento ambiental para proyectos de infraestructura vial en el departamento Norte de Santander. Especialista en Interventoría de Obras Civiles. Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña, Colombia. Recuperado de:
<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1497/1/29712.pdf>
- Arboleda, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras O actividades. Obtenido de:
https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1_
- Arboleda, J. (2015). Curso de evaluación de impacto ambiental: Identificación y evaluación de impactos ambientales. Medellín: El autor.
- Arrieta, L., Espejo, Y., Pérez, C. (2016). Análisis del impacto social proyecto de infraestructura vial ruta del sol sector 2: tramo 5 municipios de San Alberto y Aguachica - Cesar. Especialización en gerencia social. Corporación Universitaria Uniminuto. Bogotá, Colombia.
- 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, 5, 45-57. Recuperado:
https://www.academia.edu/10772501/redalyc.impactos_de_las_carreteras_sobre_la_fauna_silvestre_y_sus_principales_medidas_de_manejo
- Arroyo, S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Sevilla. INERCO. Obtenido de:
http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf
- Cancino, L. (2013). Concepto de Derechos Colectivos y del Medio Ambiente. Obtenido de: <https://prezi.com/z8wqwnlcnlc/derechos-colectivos-y-del-medio-ambiente/>
- Colombia. Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia. Legis Editores S.A., Bogotá, 2012, Vigésima Séptima Edición.

- Congreso de la República de Colombia. Acto legislativo 03 de 2002. Por el cual se reforma la Constitución Nacional. Diario Oficial 45040 del 19 de diciembre de 2002. Recuperado:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6679>
- Conesa, V. (1993). "Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental". Segunda edición, 1993. Madrid, España. Obtenido de:
http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf
- Congreso de la República de Colombia. Decreto 1541, 1978. "Por el cual se reglamenta La Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973."
- Congreso de la República de Colombia. Ley 99 de 1999. "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"
- Congreso de la República de Colombia. Decreto 3930 de 2010. "Por el cual se Reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones".
- Congreso de la República de Colombia. Decreto 4728 del 2010. "Por el cual se modifica Parcialmente el Decreto 3930 de 2010"
- Congreso de la República de Colombia. Decreto 2820 del 2010. "Por el cual se Reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales".
- Consorcio Vial Helios. (2016). Estudio de impacto ambiental del proyecto vial Ruta del Sol – sector I: Villeta – El Korán. Bogotá: Helios.
- Cotán, S. (2007). Valoración de impactos ambientales. Sevilla España. Obtenido de:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf
- Clavijo, S., Vera, A. & Vera, N. (2013). La inversión en infraestructura en Colombia 2012 – 2020, eventos fiscales y requerimientos financieros. Actualidad económica, 1(2013), 7-14
- Gutiérrez, O. (2015). La carretera Bogotá-Villavicencio, su impacto sobre el ordenamiento territorial y el ecosistema. Luna Azul, 40, 277-292.

- Instituto Nacional de Vías. (2008). Manual de diseño geométrico de carreteras. Bogotá: INVIAS.
- Instituto Nacional de Vías. (2011). Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura: subsector vial. Bogotá: INVIAS.
- Instituto Nacional de Vías. (2018). Interventoría para el mejoramiento y mantenimiento de la carretera: Santa Lucia - Moñitos Tramo 74cr02 pr0+0000 al pr53+0000 en el departamento de Córdoba. Bogotá: INVIAS.
- Instituto Nacional de Vías. (2018). Plan de adaptación guía ambiental: Continuación de la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la transversal Ocaña – Agua clara – Gamarra tramo Agua clara – Ocaña en los departamentos de Norte de Santander y Cesar. Bogotá: INVIAS.
- Instituto Nacional de Vías. (2018). Apéndice D Gestión Ambiental: Continuación de la Construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento, gestión social, predial y ambiental de la troncal del Magdalena, tramo San Alberto – San Roque en el departamento del Cesar. Bogotá: INVIAS
- Invias (2016). Manual de mantenimiento de carreteras. Volumen 2. Obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/7714-manual-de-mantenimiento-de-carreteras-2016-v2/file>
- Invias (2011). Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial. Obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/guia-de-manejo-ambiental-de-proyectos/971-guia-de-manejo-ambiental/file>
- La historia con mapas, “Gran Colombia 1819-1830: el sueño de Bolívar”. Obtenido de: <http://www.lahistoriaconmapas.com/america/colombia/gran-Colombia/>
- Leopold, L. (1971). Método cualitativo de evaluación de impacto ambiental. Obtenido De: https://es.wikipedia.org/wiki/Matriz_de_Leopold
- Martínez, G. (2017). Impactos de la construcción de las vías de cuarta generación en Colombia sobre la biodiversidad y sus servicios eco sistémicos. Especialización en Planeación Ambiental y Manejo. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

- Martínez, W. (2014). Evaluación del impacto ambiental en obras viales. *Negotium*, 10(29), 5-21. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/782/78232555002.pdf>
- Método EPM o Método Arboleda. (2012). Obtenido de: https://prezi.com/grpr_m7do3hy/eia-metodo-epm-o-metodo-arboleda/
- Osorio, I. (2014). “Reseña histórica de las vías en Colombia”. *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 183-187. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v10i17.880>
- Pinzón, F. “Galería de fotos”. Periódico El Tiempo. Obtenido de: Http://www.eltiempo.com/Multimedia/galeria_fotos/carrusel/el-rollo-de-fili-atlaschocoano_9565805-5
- Revista Administración Pública. (2016). Concepto de los derechos colectivos y del Ambiente. Obtenido de: <http://administracionpublica16.blogspot.com/>
- Soto, V., Suárez, N. & Arrieta, 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*, 19(2), 1-12. Recuperado de: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2174/2511>
- Universidad Veracruzana. (2016). Modalidad de monografía por compilación. Recuperado de: <https://www.uv.mx/arquitectura/files/2017/05/monografia-por-compilacion.pdf>
- Vallejo, C. (2016). Evaluación de impacto ambiental del proyecto vial "carretera Satipo - Mazamari - desvío Pangoa - Puerto Ocopa. Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Vásquez, J. (2015). Impacto ambiental en el proceso de construcción de una carretera afirmada en la zona alto andina de la región Puno. Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- 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), 121-156. Doi: <https://doi.org/10.18359/rcin.2941>
- Walia, K. & Bhardwaj, S. (2017). Environment Impact Assessment of Highway Expansion – A Review. *Curr World Environ*, 12(3), 1-15. Doi: <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.12.3.04>

360, en concreto. (2014). historia y origen de los pavimentos de concreto en Colombia.
Obtenido de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/historia-de-pavimentos-de-concreto-en-colombia>

Apéndice

Apéndice N° 1. GUIA MANEJO AMBIENTAL.pdf

Apéndice N° 2. Manual de Mantenimiento de Carreteras 2016_V2.pdf

Apéndice N° 3. MATRIZ MÉTODO ARBOLEDA.xlsx

Apéndice N° 4. MATRIZ MÉTODO CONESA.xlsx

Apéndice N° 5. MATRIZ MÉTODO LEOPOLD.xlsx

Apéndice N° 6. METAANALISIS PROYECTOS.xlsx

Apéndice N° 7. RESULTADOS MÉTODO ARBOLEDA.xlsx

Apéndice N° 8. RESULTADOS MÉTODO CONESA.xlsx

Apéndice N° 9. RESULTADOS MÉTODO LEOPOLD.xlsx