



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Civil

**EFICIENCIA DEL MÉTODO DE LA MATRIZ DE LEOPOLD Y EL  
MÉTODO MULTICRITERIO EN LA EVALUACION DEL IMPACTO  
AMBIENTAL EN LA CARRETERA GRANJA PORCON (TRAMO  
EMP. PE.-1NF-GRANJA PORCON, CP. PORCON ALTO),  
CAJAMARCA 2018**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. ALONSO ISMAEL NEIRA COSAVALENTE

Asesor:

Ing. IVAN HEDILBRANDO MEJIA DIAZ

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

“Dedico este trabajo a mi amada esposa, por su apoyo y  
su ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas  
metas, tanto profesionales como personales.

A mis adoradas hijas Valentina, Rumiko y Makarena, a quienes  
siempre cuidaré para verlas hechas personas capaces  
que puedan valerse por sí mismas”

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a la virgen María, quien con sus bendiciones llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Privada del Norte, a toda la Facultad de Ingeniería, a mis docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos y experiencias hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>12</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.1. Realidad problemática .....	16
1.2. Formulación del problema.....	22
1.3. Objetivos .....	22
1.4. Hipótesis general .....	24
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
2.1. Tipo de Investigación .....	25
2.2. Población y muestra .....	24
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	24
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	24
2.5. Procedimiento.....	24

2.6.	Generalidades del Proyecto .....	27
2.6.1.	Ubicación.....	27
2.6.2.	Características técnicas.....	29
2.6.3.	Topografía .....	30
2.6.4.	Descripción de la carretera .....	31
2.6.5.	Tráfico vehicular estimado .....	34
2.6.6.	Actividades que se plantean en el perfil viable (Cod. Snip 137825) .....	35
2.6.7.	Área de influencia del proyecto vial.....	36
2.6.8.	Criterios para la determinación del área de influencia: .....	36
a.	Criterios Ambientales.....	37
b.	Criterios Sociales.....	37
2.6.8.1.	Área de influencia directa.....	39
2.6.8.2.	Área de influencia indirecta .....	40
2.7.	Determinación de las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI) .....	41
2.7.1.	Etapa de planificación .....	41
2.7.2.	Etapa de construcción.....	42
2.7.3.	Etapa de operación .....	43
2.8.	Caracterización del ambiente .....	43
2.8.1.	Sistema abiótico .....	46
2.8.1.1.	Clima .....	46

2.8.1.2. Geología .....	46
2.8.1.3. Geomorfología.....	47
2.8.1.4. Suelos .....	46
2.8.1.5. Hidrografía .....	48
2.8.1.6. Paisaje.....	50
2.8.2. Sistema biótico .....	51
2.8.2.1. Flora .....	51
2.8.2.2. Fauna .....	52
2.8.3. Sistema antrópico .....	52
2.8.3.1. Uso de tierras.....	52
2.8.3.2. Demográfico.....	52
2.8.3.3. Socioeconómico .....	53
2.8.3.4. Cultural.....	53
2.9. Caracterización del Proyecto.....	53
2.10. Criterios de comparación de métodos EIA.....	55
2.11. Factores ambientales representativos de impacto .....	58
2.12. Impacto ambiental potencial del proyecto.....	66
2.12.1. Impacto ambiental potencial de la fase construcción .....	68
2.12.2. Impacto ambiental potencial de la fase operación.....	69
2.13. Evaluación de impacto ambiental (EIA) .....	69

2.14.	Matriz Leopold .....	70
2.14.1.	Matriz Leopold fase construcción .....	73
2.14.2.	Matriz Leopold fase operación .....	75
2.14.3.	Valoración del impacto según resultados de la Matriz de Leopold .....	77
2.15.	Matriz Multicriterio .....	78
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>82</b>
3.1.	Resultado 1 .....	82
3.2.	Resultado 2 .....	86
3.3.	Resultado 3 .....	90
3.4.	Resultado 4 .....	92
3.5.	Comparación de métodos de EIA .....	99
3.6.	Estrategias de mitigación de impactos ambientales negativos .....	101
3.6.1.	Fase construcción .....	101
3.6.2.	Fase operación .....	106
3.7.	Contrastación de la hipótesis .....	106
<b>CAPITULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES .....</b>		<b>107</b>
4.1.	Discusión .....	107
4.2.	Conclusiones .....	111

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>
Anexo 1. Memoria fotográfica. ....	116
Anexo 2. Plano Ubicación .....	121
Anexo 3. Plano Topográfico.....	122
Anexo 4. Plano de Área de Influencia. ....	123
Anexo 5. Plano Hidrología y Cuenca .....	124
Anexo 6. Plano de Reforestación. ....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM del Proyecto .....	28
Tabla 2: Características técnicas carretera Granja Porcon Tramo Emp Pe.-1nf-Granja Porcon, Cp. Porcon Alto .....	39
Tabla 3: Características técnicas carretera .....	31
Tabla 4: Trafico según IMD anual carretera Granja Porcon Tramo Emp Pe.-1nf-Granja Porcon, Cp. Porcon Alto. Trafico base 2018 .....	34
Tabla 5: Proyección del tráfico vehicular carretera .....	35
Tabla 6: Clasificación detallada de los elementos que conforman el medio ambiente	44
Tabla 7: Escala de Saaty .....	55
Tabla 8: Matriz AHP .....	56
Tabla 9: Evaluación de EIA .....	57
Tabla 10: Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales abióticos, etapa construcción .....	59
Tabla 11: Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales abióticos, etapa operación .....	60
Tabla 12: Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales biótico, etapa construcción .....	60
Tabla 13: Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales bióticos, etapa operación .....	62
Tabla 14: Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales antrópico, etapa construcción .....	62

Tabla 15: Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales antrópicos, etapa operación .....	63
Tabla 16: Factores ambientales representativos de impacto, etapa de construcción .	64
Tabla 17: Factores ambientales representativos de impacto, etapa de operación .....	65
Tabla 18. Jerarquización de factores ambientales.....	76
Tabla 19. Escala de atributos considerados para el valor del impacto ambiental.....	79
Tabla 20: Datos estadísticos de la matriz de Leopold fase construcción.....	82
Tabla 21: Datos estadísticos de la matriz de Leopold fase operación.....	86
Tabla 22: Resumen de importancia de EIA .....	89
Tabla 23. Interpretación de impactos ambientales .....	90
Tabla 24. Matriz para la priorización de impactos ambientales potenciales de la fase construcción .....	91
Tabla 25. Matriz para la priorización de impactos ambientales potenciales de la fase operación .....	92
Tabla 26. Matriz para la determinación afectación de impactos ambientales potenciales sobre componentes ambientales. Fase construcción .....	93
Tabla 27. Matriz para la determinación afectación de impactos ambientales potenciales sobre componentes ambientales. Fase operación.....	94
Tabla 28. Resultado del análisis multicriterio de la fase construcción .....	95
Tabla 29. Resultado del análisis multicriterio de la fase operación.....	95
Tabla 30: Interpretación de impactos ambientales.....	96
Tabla 31: Determinación de peso de elementos de comparación .....	99

Tabla 32: Resultados Comparación de métodos de EIA..... 100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto distrito Cajamarca..... 27

Figura 2. Carretera Granja Porcon Tramo Emp Pe.-Inf-Granja Porcon, Cp. .... 28

Figura 3. Área de influencia del proyecto..... 39

Figura 4. Clasificación de los suelos en forma asociada. Fuente: MINAGRI (2018) 47

Figura 5. Cuencas hidrológicas de Cajamarca. .... 48

Figura 6. Regiones naturales de Perú. .... 49

Figura 7. Ecorregiones de Cajamarca. .... 51

Figura 8. Evaluación de Interacciones. .... 72

Figura 9. Matriz Leopold fase construcción. .... 73

Figura 10. Matriz Leopold fase operación ..... 75

Figura 11. Componentes de una evaluación multicriterio ..... 77

Figura 12. Interacciones positivas y negativas entre ASPI y FARI fase construcción. 81

Figura 13. ASPI y FARI positivas y negativas de la fase construcción..... 83

Figura 14. . Interacciones positivas y negativas entre ASPI y FARI fase operación. 85

Figura 15. ASPI y FARI positivas y negativas de la fase operación. .... 86

Figura 16. Interpretación de impactos ambientales fase construcción..... 97

Figura 17. Interpretación de impactos ambientales fase operación ..... 97

Figura 18. Interpretación de resultados de análisis multicriterio fase construcción. . 98

Figura 19. Interpretación de resultados de análisis multicriterio fase operación..... 98

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Valor del impacto ambiental. ....	80
---	----

## **RESUMEN**

El estudio tiene como objetivo determinar la eficiencia de los métodos de Matriz de Leopold y el Método Multicriterio en la Evaluación del Impacto Ambiental en la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-1NF-Granja Porcón, Centro Poblado Porcón Alto), Cajamarca 2018. Se caracterizó tanto el proyecto como el ambiente para identificar las posibles acciones susceptibles a ocasionar impacto. Posteriormente, se aplicaron los métodos de Leopold y Multicriterio para identificar y evaluar el impacto ambiental. Por último, se procedió a realizar un análisis comparativo entre ambos métodos aplicando el proceso analítico jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) para determinar cuál de los métodos empleados es más eficiente. Con los resultados obtenidos se logró evidenciar que el Método Multicriterio es en 10% más eficiente que la Matriz de Leopold para Evaluar los Impactos Ambientales de la carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-1NF-Granja Porcón, Centro Poblado Porcón Alto), debido a que este utiliza valores cuantitativos y que permitieron obtener resultados con mayor exactitud, cumpliendo de esta manera con la hipótesis planteada.

**Palabras clave:** Impacto ambiental, matriz Leopold, método Multicriterio

## ABSTRACT

The study aims to determine the efficiency of the Leopold Matrix methods and the Multicriteria Method in the Environmental Impact Assessment on the Porcón Farm Road (EMP Section. PE.-1NF-Porcón Farm, Porcón Alto Town Center), Cajamarca 2018 Both the project and the environment were characterized to identify the possible actions likely to cause impact. Subsequently, the Leopold and Multicriteria methods were applied to identify and evaluate the environmental impact. Finally, a comparative analysis between both methods was carried out applying the hierarchical analytical process (AHP) to determine which of the methods used is more efficient. With the results obtained, it was possible to show that the Multicriteria Method is 10% more efficient than the Leopold Matrix to Evaluate the Environmental Impacts of the Porcón Farm Road (EMP Section PE-1NF-Porcón Alto Farm, Porcón Alto Town Center), because this uses quantitative values and that allowed to obtain results with greater accuracy, thus complying with the hypothesis.

Keywords: Environmental impact, Leopold matrix, Multicriteria method

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Los proyectos de infraestructura vial representan obras que tienen profundo impacto en el beneficio de las regiones, mejorando la calidad de vida de sus habitantes tanto en lo económico como en lo social. Estos representan un factor fundamental para el desarrollo y crecimiento de las comunidades, pueblos, ciudades y regiones en general al constituir un importante medio que “posibilita el transporte de las personas y de las cargas” (Rivera, 2015), comunicando las diferentes localidades con el mundo y facilitando la distribución de los insumos que requieren para satisfacer sus necesidades básicas como aquellos relacionados con el sector alimentación, sector salud, servicios de aseo urbano, distribución de agua, o educación entre otros.

Por otro lado, estos caminos también juegan un papel fundamental en el desarrollo de actividades de recreación y turismo al abrir senderos hacia lugares de interés. A medida que se incrementa el uso de los caminos o carreteras, se potencia la importancia de la relación paisaje-carretera o camino, ya que estos últimos contribuyen al ciudadano no solo de satisfacer sus necesidades básicas sino también un acercamiento a la naturaleza (Monzón & Otero, 1999)

Ciertamente, las carreteras son importantes para un país desde su diseño, estado y mantenimiento, ya que, según Rivera, (2015) si las carreteras de un país no son las más adecuadas para que la población satisfaga sus necesidades básicas, es poco probable que los ciudadanos puedan encarar una situación de mejora económica y reducción de los índices de pobreza” (p. 24). Entonces, una vialidad que sea construida con materiales dentro de las

especificaciones de diseño, que goce de mantenimientos periódicos, y que dentro de su diseño considere los factores sociales y ambientales que pueden verse afectada dentro de su radio de acción.

Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios de las carreteras y caminos para las personas, en muchos casos estas obras viales pueden constituirse en elementos de trastornos relativos a la modificación del paisaje y afectación al medio ambiente. Esto motivado por la acción y efecto producto de los trabajos de construcción relacionados con los proyectos (Otero et al, 2006).

En este sentido, el desarrollo de las vías terrestres, son uno de los elementos más notables en el proceso de fragmentación de hábitats (Noss, 2002) debido a que afecta a la naturaleza de diversas formas como: el arrollamiento de fauna, reducción de la cobertura vegetal, contaminación del agua y suelos, o el incremento en los niveles de ruido por tráfico vehicular entre otros. Trastornando la permanencia de las distintas especies obligándolas en muchas ocasiones ha emigración a otros espacios debido a la ruptura de su hábitats de vivienda (Forman & Alexander, 1998).

Los efectos como la fragmentación de ecosistemas, dispersión de especies exóticas y disminución de las poblaciones de especies de flora y fauna nativa, alteración del ciclo hidrológico, la erosión, la degradación de la calidad del agua, la deforestación, el daño a ecosistemas y hábitat valiosos, la propagación de enfermedades como consecuencia de la comunicación y los peligros asociados con el tráfico son algunos de los aspectos negativos que se deben considerar en las etapas iniciales de un proyecto (Arroyave et. Al, 2006).

Es por ello que el desarrollo de estudios de impacto ambiental para la construcción de arterias viales está cobrando cada vez más relevancia donde el conocimiento de la estructura, densidad y funcionalidad de la red vial es fundamental evaluar (Ramírez et al, 2005). Por lo cual es beneficioso desarrollar la evaluación ambiental en etapas tempranas del proyecto, ya que, es ahí donde las estrategias y metodología a emplear se transforman en instrumentos primordiales a la hora de determinar los escenarios de impacto ambiental, valorar los posibles daños y sugerir acciones para su mitigación.

Para Ramírez, et. Al, (2005), se recomienda iniciar las consideraciones en materia de preservación del ambiente desde la primera fase del proyecto pues todo aquello que no esté previsto y presupuestado en el proyecto será difícil de realizar correctamente en obra, lo que implicaría impactos ambientales severos que pudieran llegar hacer irreversibles.

En algunos países de Latinoamérica, las construcciones de proyectos viales representan un problema serio en cuanto a infraestructuras y preservación del medio ambiente debido varios factores como por ejemplo la poca inversión, la falta de mantenimiento, entre otros. En el caso del Perú específicamente, se requiere de una importante inversión en el desarrollo de proyectos viales, ya que, se estima que existen aproximadamente unos 78 mil kilómetros de carreteras, pero que solo cerca de 300 kilómetros corresponden a autopistas (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017), ubicándose muy por debajo de países como Argentina y Chile. Al ser necesario crecer en la construcción de carreteras, la visión de preservación del ambiente cobra gran relevancia en el país, ya que, con frecuencia estas obras perturban los ecosistemas que atraviesan, ocasionando algún tipo de trastornos sobre todo cuando existen áreas protegidas.

A nivel jurídico, en Perú se ha logrado algunas iniciativas interesantes como la **Ley N° 27446 Del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental**, la cual establece los procesos y mecánicas uniformes que comprendan los requerimientos, etapas, y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión. A su vez, de acuerdo al **artículo 9° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente**, el objetivo de la Política Nacional del Ambiente es mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo, así como, el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona (Política Nacional del Ambiente pág. 10).

En este sentido, cobra aún más relevancia el desarrollo de evaluaciones de impactos ambientales (EIA) en proyectos de carretera, dado que, el riesgo de producir afectaciones negativas a la flora, fauna y medio ambiente en general es significativo y será responsabilidad de los involucrados en el desarrollo de los proyectos tomar las medidas necesarias para que la construcción de estas obras de carretera no transforme y dañe el entorno.

Para este fin existen diferentes tipos de métodos que han sido desarrollados y usados en el proceso de EIA. Estos deben contar con una serie de características como las propuestas por el BID (2012), las cuales consisten en: 1.- Ser adecuados a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones. 2.- Ser lo suficientemente independientes de los puntos de vista personales del equipo evaluador y sus sesgos.

3.- Ser económicos en términos de valores y requerimientos de datos, tiempo de aplicación, cantidad y tiempo personal, equipo e instalaciones.

Sin embargo y a pesar de los esfuerzos realizados por organismos institucionales como el Ministerio de Ambiente (MINAM) estos se han visto disminuidos por los vacíos y deficiencias en la aplicación de soluciones como lo señala Nuñez (2016), donde actualmente son evidentes “las dificultades para plantear alternativas y enfoques basados en las metodologías existentes y que lamentablemente no han sido seguidas y adaptadas a nuestra realidad o simplemente están siendo subutilizadas no logrando los fines de preservar el patrimonio natural”.

En este contexto, y debido a la diversidad de metodologías que existen para evaluar los impactos ambientales surge la necesidad de determinar cuál método es más eficiente entre el Método de la Matriz de Leopold y el Método Multicriterio en la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-INF-Granja Porcón, C.P. Porcón alto), Cajamarca 2018. Como parte de la expansión de la red vial distrital de Cajamarca para la promoción del potencial turístico y económico de la región que garantice mitigar o controlar las posibles afectaciones del entorno.

Con respecto a los antecedentes, encontramos la investigación realizada por García (2004) quien realizó una investigación sobre la aplicación del Método de Multicriterio para evaluaciones ambientales titulada: “Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona”. Esta tesis doctoral aprueba la viabilidad de la aplicación del análisis Multicriterio en la evaluación de

impactos ambientales. Dicha investigación se llevó a cabo en la Isla de Mallorca, España, y se aplicó a tres proyectos los cuales son: una Planta Incineradora de RSU, una Planta Metanizadora de residuos biodegradables y una Planta de Compostaje. Arrojando dentro de los resultados más resaltantes de los factores ambientales que reciben los impactos de importancia severa negativa en una valoración absoluta en líneas generales señaladas por el autor son:

Los resultados arrojaron que hubo impacto en el aire por radiación lumínica y por ruidos y vibraciones, el suelo por los cambios en el drenaje natural y la pérdida relativa de valor del terreno; del medio biótico la flora por los cambios en la vegetación, la pérdida en la diversidad de especies y la disminución de espacios abiertos o naturales; del medio cultural, el paisaje por la pérdida en calidad y por las alteraciones al paisaje y la visibilidad; del medio socioeconómico, se impacta positivamente en forma severa el factor desarrollo urbano por la gestión de los residuos. En forma moderada pero negativa, desde el punto de vista absoluto, los factores ambientales receptores de impactos son la disponibilidad y calidad del agua, el aire por los gases de combustión y la emisión de partículas y en forma positiva con una intensidad moderada, la salud del personal, la generación de empleo y la inversión en servicios. En forma relativa no hay contribuciones importantes al impacto global del medio por parte de la actuación, resultando irrelevantes.

En cuanto a sus conclusiones se obtiene que el análisis multicriterio son herramientas que interpretan adecuadamente los mecanismos de evaluación y toma de decisión que los expertos ambientales hacen, considerando la imprecisión de los efectos al medio ambiente y

la frecuente carencia de información cuantitativa para su valoración, por lo que resulta viable su aplicación en la evaluación de impactos ambientales.

Por otro lado, Duarte, Robles, González, y Ortega, (2013) realizaron una investigación titulada: La utilización de La matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental en plantas de beneficio de carbón mineral en la zona centro del estado de Sonora cuyo objetivo propuesta de investigación fue presentar los beneficios y ventajas de un sistemas de producción más limpia en plantas de beneficio de carbón mineral en la zona centro del estado de Sonora, tomando como referencia la información que generará la Matriz de Leopold, con el objetivo de que el impacto ambiental sea mínimo. Dicha investigación se realizó en la ciudad de Puebla, México.

Dentro de los resultados más resaltantes encontramos que se utilizó dos tipos de matrices la primera la: Matriz de identificación de impactos ambientales a partir de la relación entre las acciones del proyecto y los factores a ser evaluados. Y la segunda la Matriz de importancia como primera valoración cualitativa de los impactos ambientales identificados sobre diversos factores ambientales, esta matriz permite valorar tanto la agresividad de las acciones como los factores ambientales que sufrirán en mayor o menor grado las consecuencias de la actividad en cuestión. Y como conclusión se obtuvo que existe una cierta relación, de impacto ambiental negativo, lo que lleva a inferir que las empresas deben implementar tecnologías que minimicen este impacto y de esta manera se pueden obtener sistemas de producción más limpia. Además, se sugiere que las empresas respetan y cumplen con el ordenamiento jurídico que marcan los lineamientos para que operen de manera correcta y el impacto negativo será mínimo.

Considerando lo anteriormente expuesto, surge esta investigación para determinar que método es el más eficiente para controlar y mitigar las posibles afectaciones ambientales que puedan ser generadas por el proyecto titulado “Eficiencia del Método de la Matriz de Leopold y el Método Multicriterio en la Evaluación del Impacto Ambiental en la carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto), Provincia de Cajamarca, 2018”, y que sirva como impulso para propiciar mayor conciencia con el tema de preservación del ambiente en proyectos de construcción de carretera.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el método más eficiente entre el Método de la Matriz de Leopold y el Método Multicriterio para evaluar el impacto ambiental en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto), Cajamarca 2018?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el porcentaje (%) de eficiencia entre el Método de la Matriz de Leopold y el Método Multicriterio para evaluar el impacto ambiental en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto), Cajamarca 2018.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el proyecto para identificar las acciones que producen impactos ambientales en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP – PE -1NF- Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018.
- Caracterizar el ambiente para identificar los factores ambientales que se verán afectados a recibir impacto ambiental en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP – PE -1NF- Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018.
- Utilizar la Matriz de Leopold y el Método Multicriterio para evaluar los impactos ambientales en las diferentes etapas del proyecto de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP – PE -1NF- Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018.
- Comparar los resultados de ambos métodos y determinar el método más eficiente en la Evaluación del Impacto Ambiental de la carretera Granja Porcón, Cajamarca, 2018.

### 1.4. Hipótesis general

El Método Multicriterio es más eficiente que la Matriz de Leopold para evaluar el Impacto Ambiental en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto)), Cajamarca 2018.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación utilizado es de naturaleza Descriptiva (Oblitas-Cruz, 2018), debido a que se busca medir las variables con el fin de explicar el fenómeno del objeto de estudio.

### **2.2. Población y muestra**

Para este trabajo de investigación el objeto de estudio será la carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto), tomando como muestra la totalidad de la misma.

### **2.3. Materiales, instrumentos y métodos**

- Materiales: Libreta de apuntes, lapicero, hojas de papel bond, software (Excel , Word)
- Equipos de campo: GPS, cámara digital, laptop, estación total, memoria USB.
- Método: Matriz de Leopold y Método Multicriterio

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Se utilizaron técnicas de recolección de datos, la entrevista, y la observación directa. Como instrumento se utilizó el formulario, matriz de doble entrada de Leopold y formatos de verificación. Para el análisis de la información, se utilizó la estadística descriptiva y la representación gráfica para el análisis de los resultados.

## 2.5. Procedimiento

- Visitas de campo para recopilar información sobre el ecosistema en el cual se desarrollará el proyecto.
- Determinar las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI)
- Caracterizar el medio ambiente donde se desarrollará el proyecto
- Determinar los factores ambientales representativos de impacto (FARI).
- Determinar impactos ambientales potenciales.
- Construcción de la matriz Leopold adaptada a los ASPI y FARI identificados para el proyecto.
- Identificación de las interacciones existentes entre los ASPI y los FARI.
- Evaluación individual de las interacciones según 3 parámetros: clase, magnitud, e intensidad.
- Construcción de la matriz Multicriterio para evaluar impactos ambientales potenciales.
- Determinación de criterios de evaluación.
- Ponderación de criterios de evaluación.
- Valorización del impacto ambiental matriz Multicriterio.
- Proponer un plan de acciones y estrategias para disminuir, controlar y mitigar los posibles escenarios de afectación ambiental.

## 2.6. Generalidades del Proyecto

El proyecto “Mejoramiento de la Carretera Granja Porcón Tramo EMP. PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto, Provincia de Cajamarca – Cajamarca”, se encuentra a nivel de perfil en situación viable identificado en el Banco de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas “Invierte.Pe” con código SNIP 137825 (no cuenta con un estudio final del proyecto, para lo cual es primordial determinar inicialmente en la primera fase los posibles daños al medio ambiente para posterior dar paso a un estudio final definitivo del proyecto) naciendo con el objetivo de mejorar las vías de acceso hacia el poblado Granja Porcón, dentro del marco de las políticas del Perú para facilitar la integración de las diversas regiones del país y favorecer el comercio interno y la actividad turística.

Particularmente, el proyecto trata de mejorar las características geométricas de la vialidad rural existente mejorando la capa asfáltica, adecuarla y construir una nueva e importante vía para el abastecimiento de diversos productos con el fin de que se incremente el desarrollo turístico y económico de la región.

El proyecto tiene como alcance mejorar la carretera a nivel de capa asfáltica en un primer tramo Km 0+000 hasta el Km 6+160, y un segundo tramo a nivel de mejoramiento con afirmado comprendida en el Km 6+170 hasta el Km 9+094.35. Incluye la demolición de alcantarillas existentes y la construcción de alcantarillas metálicas, badenes y pontones, construcción de cunetas de concreto, señalización horizontal y vertical,

Los beneficiarios son la población de las provincias de Cajamarca y San Pablo, la localidad de Granja Porcón y población en general.

### 2.6.1. Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado políticamente en la región Cajamarca, provincias de Cajamarca y San Pablo, distritos de Cajamarca y Tumbadén respectivamente, entre los poblados de Granja Porcón y El Tinte. Tiene como referencia el punto de partida la progresiva (Km 000+000 Km.) y como punto final la progresiva (Km 09+094.35), con una longitud de 9+094.35 m.



*Figura 1. Ubicación del proyecto distrito Cajamarca.*

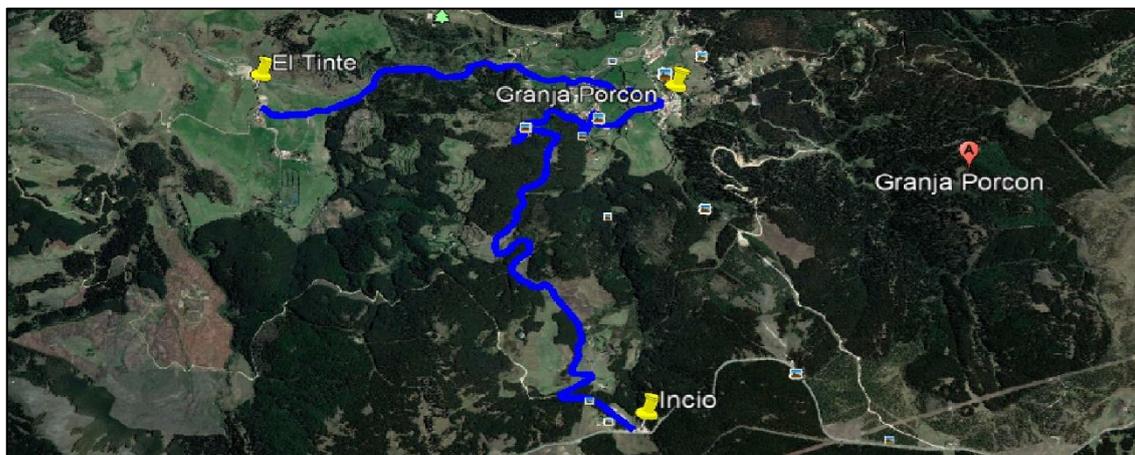


Figura 2. Carretera Granja Porcón Tramo EMP PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto.

Tabla 1:

Coordenadas UTM del Proyecto

Punto del Proyecto	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
Punto Inicial (Km. 0+000 - Desvío a Granja Porcón)	9'218,934.66	760,915.01
Punto Final (Km. 9+094.35 – Localidad El Tinte)	9'221,806.57	758,754.95

Fuente: Perfil Viable Cod. SNIP 137825

En cuanto a la altura, el tramo inicial (km 0+000), el tramo medio (km 5+820) y el tramo final (9+094.35) de la carretera presentan unas elevaciones de:

- DV. Granja Porcón km 0+000: E, 760915.01 N, 9218934.66 3474 m.s.n.m.
- Granja Porcón km 5+820: E, 761517.00 N, 9221450.61 3152 m.s.n.m.

- El Tinte km 9+094.35: E, 758754.95 N, 9221806.57 3099 m.s.n.m.

## 2.6.2. Características técnicas

El proyecto estará constituido por 2 tramos viales. El primero Dv. Granja Porcón – Granja Porcón, Km 0+000 – Km 06+160 de 6.16 Km de longitud. El segundo tramo es Granja Porcón – El Tinte Km 06+170 – Km. 09+094.35 de 2.91 Km de longitud. La tabla número 2 mostrada a continuación describe las características técnicas de la carretera.

Tabla 2:

*Características técnicas carretera Granja Porcón Tramo EMP PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto*

<b>Características Técnicas</b>	<b>Tramo I: Dv. Granja Porcón – Granja Porcón Del Km. 0+000 – Km. 06+160</b>	<b>Tramo II: Granja Porcón – El Tinte Del Km 06+170 – Km. 09+094.35</b>
Categoría de la Vía	TERCERA CLASE.	TERCERA CLASE.
Características	Carretera de dos carriles (DC)	Carretera de dos carriles (DC)
Orografía Tipo	Tipo 4	Tipo 4
Velocidad directriz (diseño)	Vd = 30 KPH.	Vd = 30 KPH.
Velocidad Máxima Permisible	Vmp = 20 KPH.	Vmp = 20 KPH.
Superficie de rodadura	Tipo I	Tipo I
Ancho de Calzada (DC)	6.00 m	6.00m
Bermas	0.50	0.50 m

<b>Características Técnicas</b>	<b>Tramo I: Dv. Granja Porcón – Granja Porcón Del Km. 0+000 – Km. 06+160</b>	<b>Tramo II: Granja Porcón – El Tinte Del Km 06+170 – Km. 09+094.35</b>
Corona de Pavimento	7.0 m.	7.0 m
Bombeo (%)	2.5	2.5
Talud de Terraplenes (V:H)	1 : 1.5	1 : 1.5
Talud de corte (V:H)	Variable	Variable
Cuneta Triangular (bxh)	0.80x0.50 m	0.80x0.50 m
Radio mínimo	25 m	25 m
Radios mínimos extraordinarios	10 y 20 m	25 m.
Pendiente máxima	-8.55% (Km. 1+568 – 1+940)	7.07 % (Km 6+595 – 7+004)
Pendiente mínima	2.52% (Km. 5+050 – 5+329)	1.15% (Km. 7+730 – Km 8+745.68)
Vehículo Tipo	El tipo de vehículo para el diseño será todos los registrados y clasificados según el manual por el MDC	
Peralte Máximo	De acuerdo con el Manual de Diseño de Carreteras 2018.	
Derecho de Vía	20 m como mínimo, 30 m a cada lado del eje.	

*Fuente: Perfil Viable Cod. SNIP 137825*

### 2.6.3. Topografía

El Tramo de la carretera existente comienza en el Km 7 de la carretera Kuntur Wasi (Empalme Ruta 3N – San Pablo) con cota 3,467.889 m.s.n.m. (Carretera Chilete San Pablo Cajamarca). Aquí comienza el descenso por terrenos de topografía ondulada con una serie

de desarrollos hasta el Km 2.7, continuando el descenso por terreno de topografía accidentada también con una serie de desarrollos y 3 curvas de volteo hasta cruzar la quebrada Lazareto en el km 5+109. Luego sigue por una zona de terrenos ondulados, cruzando el Centro Poblado de Granja Porcón km 5+500 – km 5+600 desde donde se ubica por la margen izquierda del Río Rejo hasta llegar al lugar denominado El Tinte en el Km 9+094.35 a 3,100 m.s.n.m.

#### 2.6.4. Descripción de la carretera

En primera instancia se hizo el levantamiento de la franja de terreno de la carretera actual, desarrollándose este trazo sobre el terreno en tramos de las siguientes características:

Tabla 3:

*Características de la carretera*

<b>Tramos (Progresivas)</b>	<b>Topografía Predominante</b>
0+000 al 2+000	Ondulada
2+000 al 5+000	Accidentada
5+000 al 6+700	Plana
6+700 al 7+900	Accidentada
7+900 al 9+094.35	Plana

*Fuente: Elaboración Propia*

- **TRAMO: Del 0+000 al 2+00**

Este tramo presenta una topografía predominante Ondulada; en el paso de este tramo no encontramos viviendas ni presencia de aguas superficiales o quebradas, solamente existe plantaciones de pinos y cipreses por tramos hacia ambas márgenes del eje.

- **TRAMO: Del 2+000 al 5+000**

Del Km. 2+000 al Km. 5+000, las condiciones topográficas se tornan accidentadas, con descenso de fuertes pendientes y sinuosidad en este tramo.

En el recorrido del nuevo trazo de la carretera, encontramos hacia la margen izquierda de este tramo las primeras viviendas que son parte del Centro Poblado, la Institución Educativa N° 82102-Granja Porcón (Locales antiguo y nuevo).

- **TRAMO: Del 5+000 al 6+700**

Se prosigue en continuo descenso, donde la topografía predominante de este tramo es Plana, con pendientes de terreno más suaves.

En este tramo se ubica la quebrada Lazareto, en la progresiva 5+109 muy próxima a las instalaciones de Granja Porcón, y a partir de la progresiva 5+140 las viviendas de la zona se ubican hacia ambas márgenes.

Este tramo atraviesa o pasa por las instalaciones de la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén – Granja Porcón (Km 5+820), y en la progresiva 6+160 se ubica una estructura hidráulica: Badén en la Quebrada Lazareto; a partir de esta progresiva en adelante las

viviendas y muy dispersas se ubican hacia la margen izquierda del nuevo trazo y hacia la margen derecha de forma paralela se ubica el Río Rejo.

- **TRAMO: Del 6+700 al 7+900**

Luego prosigue un pequeño ascenso inicial del tramo para luego pasar a descender, donde la topografía en este tramo cambia a accidentada. El Río Rejo discurre en forma manera paralela a una distancia aproximada de 50 m.

- **TRAMO: Del 7+900 al 9+094.35**

A partir del Km. 7+900 hasta el punto final del proyecto ubicado el lugar de El Tinte (Km. 9+094.35), las condiciones topográficas cambian a una Topografía Plana, con ascenso de muy suaves pendientes del terreno natural.

El eje de la carretera, avanza de manera casi paralela al Río Rejo a una distancia promedio de 90 m.

### **2.6.5. Tráfico vehicular estimado**

El flujo vehicular de la zona es bajo, pero diverso. Se pueden identificar diferentes tipos de vehículos y formas de transporte, los cuales varían desde acémilas, autos, vehículos ligeros, buses, camiones, tráiler y semitrailers. El mayor flujo vehicular se registra en el Tramo I, Dv. Granja Porcón – Granja Porcón, Km 0+000 – Km 06+160. Las velocidades registradas en la vía existente varían en un rango entre 8 Km/h a 25 Km/h.

La tabla 7 muestra el tráfico actual expresado en términos de Índice Medio Diario (IMD) Anual.

Tabla 4:

*Trafico según IMD anual carretera Granja Porcón Tramo EMP PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto. Trafico base 2018*

<b>Tipo De Vehículo</b>	<b>Sentido El Tinte – Dv. Granja Porcón</b>	<b>Sentido Dv. Granja Porcón - El Tinte</b>
Acemilas	2	3
Motos	2	2
Auto	25	30
Camioneta	17	20
Camioneta Rural	9	9
Micro o Coaster	3	4
Bus – B2	2	2
Camión ligero-C2-Ch	4	2
Camión 2 ejes C2	3	3
Camión 3 ejes C3	1	1
Semi Tráiler T2 S3	1	2
Semi Tráiler T3 S3	0	1
Trayler C3 R2	1	0
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>78</b>

*Fuente: Perfil Viable Cod. SNIP 137825*

Por otro lado, la tabla 5 muestra la proyección en razón del crecimiento del tráfico vehicular para los próximos años con una estimación de 5 en 5 años.

Tabla 5:

*Proyección del tráfico vehicular carretera Granja Porcón Tramo EMP PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto. Trafico base 2018*

<b>Carretera</b>	<b>2018</b>	<b>2023</b>	<b>2028</b>	<b>2033</b>	<b>2038</b>
Sentido S1	70	283	861	1456	2200
Sentido S2	78	427	958	1621	2447

*Fuente: Perfil Viable Cod. SNIP 137825*

### **2.6.6. Actividades que se plantean en el perfil viable (Cod. Snip 137825)**

Las actividades enmarcadas en el proyecto son los siguientes:

1. Diseño de pavimento
2. Sistema de drenaje
  - Alcantarillas.
  - Cunetas triangulares revestidas
  - Badenes
  - Drenaje Subterráneo

### **2.6.7. Área de influencia del proyecto vial**

El Área de influencia es definida por Arboleda, (2008) como el “el área que se afecta por las obras o actividades del proyecto” (p. 44) en otras palabras es como se afecta el entorno durante las diferentes etapas del proyecto. En este sentido los impactos asociados al proyecto se darán en forma distinta según las características del entorno y de los componentes ambientales que caracterizan el territorio, determinándose según los criterios señalados por Arboleda, (2008: 45), la existencia de dos áreas de influencia para el proyecto vial, un Área de Influencia Directa y un Área de Influencia Indirecta.

### **2.6.8. Criterios para la determinación del área de influencia:**

La definición y la determinación del área de influencia del Proyecto Vial: Construcción de la Carretera de Granja Porcon Tramo EMP. PE – 1NF-CP. Porcon Alto en la Provincia de Cajamarca, se sustenta por las consideraciones de carácter ambiental y social que justifican la interrelación de las actividades de construcción y las actividades de conservación y operación del proyecto.

En este sentido, en la determinación del área de influencia se definió los criterios ambientales y sociales, que a continuación se mencionan:

**a. Criterios Ambientales**

- Establecer el ámbito geográfico que de acuerdo a las obras previstas es donde se ubicara la logística (canteras, DMEs, Campamentos, Plantas de Procesamiento, accesos, áreas auxiliares, etc ) para el desarrollo de los trabajos.
- Proteger el ámbito de influencia del proyecto de las potenciales alteraciones que podrían derivarse de la ejecución de los trabajos de mejoramiento vial.
- Proteger el ambiente natural y socio-cultural de las poblaciones que se asientan en el área adyacente a la vía.
- Proteger los Parámetros Ambientales (aire, agua, suelo y ruido), del ámbito por donde discurre la vía.
- Promover y estimular la gestión ambiental sustentable.
- Promover la responsabilidad ambiental individual.

**b. Criterios Sociales**

Los aspectos que fueron analizados y considerados en la delimitación social, nivel de tendencias y procesos regionales son los siguientes:

- Considerar las áreas donde se realizan actividades comerciales y turísticas.
- Considerar la participación de los elementos de interacción social como apoyo en la gestión y administración de la Carretera.

De acuerdo a lo expresado, se tomarán en cuenta los siguientes aspectos en la definición del Área de Influencia Socio Ambiental:

- Considerar, como área de impactos directos, el espacio territorial de los centros poblados ubicados en cada margen de la carretera.
- Actividades con potencial de desarrollo económico, en especial la turística.
- Presencia de grupos de interés (distrital )
- Estrategias de desarrollo urbanas y rurales.
- Productores Agropecuarios
- Posibilidades de acceso a servicios de salud mediante uso de la carretera.
- Posibilidades de acceso a servicios educativos.
- Actividades de producción e intercambio: Turismo, agricultura, ganadería.
- Oferta turística distrital y regional, actores y flujos económicos
- Migración e inmigración (Influencia de la carretera como factor incremental en las dinámicas migratorias)
- Evitar afectaciones en las costumbres y cultura de las poblaciones asentadas en los centros poblados de estos distritos.
- Proteger las capacidades de los actores institucionales y sociales de aquellos efectos que se puedan originar por la evaluación socio-ambiental del Proyecto.
- Fortalecer la participación ciudadana para que se involucre consciente y responsablemente en la toma de decisiones.

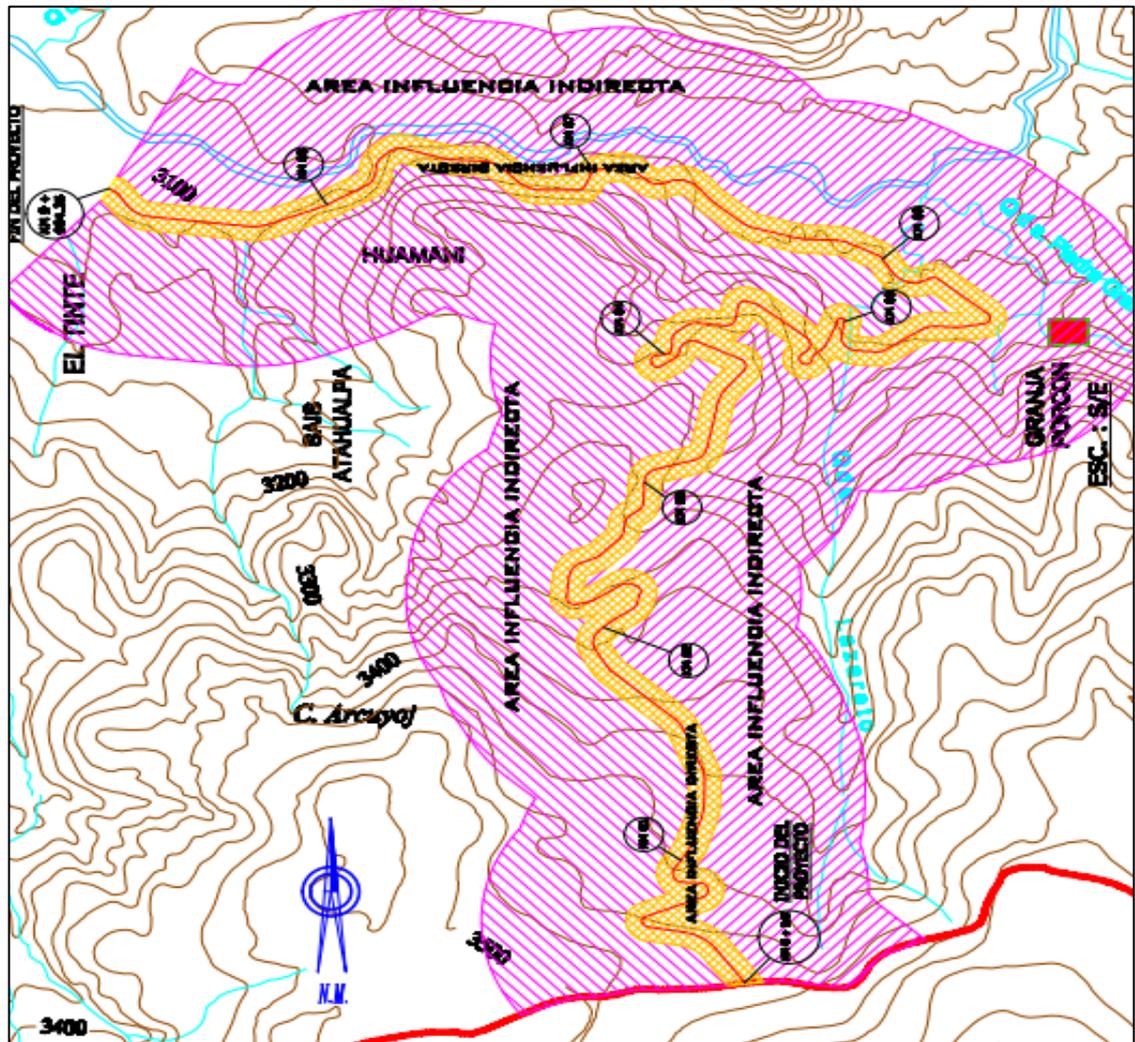


Figura 3. Área de influencia del proyecto.

La franja de color amarillo indica el área de influencia directa, mientras que la franja magenta indica el área de influencia indirecta.

### 2.6.8.1. Área de influencia directa

El ámbito de influencia directa comprende las áreas sujetas a los impactos directos de la construcción y operación de la carretera, y aquellas que tengan relación inmediata o mediata con el trazo del proyecto vial.

Esta área comprende el derecho de vía de la carretera y un área aledaña de impacto de 300 m a ambos lados del eje de la vía a rehabilitarse, limitándose también por las características topográficas que presenta el lugar. (Arboleda, 2008).

Dentro del área de influencia directa, también se incluyen las áreas seleccionadas como botaderos, canteras, campamentos, patio de máquinas, plantas de asfalto y chancadoras, principalmente. Esta área es afectada (impactada) directamente por el proceso de construcción del proyecto vial, originando perturbaciones en diversos grados sobre el medio ambiente y sus componentes físicos, biológicos y socioeconómicos.

#### **2.6.8.2. Área de influencia indirecta**

El área de influencia indirecta está en función de los impactos indirectos del proyecto vial (Arboleda, 2008), y abarcan una región geográfica extensa, cuyas características físicas, urbanas y socioeconómicas serán impactadas por el proyecto, Esta área se ubica mayormente dentro de un área aproximada de 25.064 km<sup>2</sup> variable a ambos lados de la vía a mejorarse, y que varía de acuerdo a la geomorfología de la zona en estudio y de los impactos ambientales indirectos que el proyecto vial ocasionaría sobre el medio ambiente y sus componentes, dentro del cual se ubican los centros poblados que son beneficiados indirectamente por la carretera a mejorarse.

## **2.7. Determinación de las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI)**

Con la revisión realizada a la información técnica del proyecto “Mejoramiento de la Carretera Granja Porcón Tramo EMP. PE.-1NF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto, Provincia de Cajamarca – Cajamarca” se obtuvo información precisa sobre el alcance de los trabajos del proyecto desde una perspectiva ecológica.

Con esta información se procedió a la determinación de las actividades asociadas al proyecto que interactúen con el medio ambiente y por ende pudiesen generar alguna afectación al entorno, modificando directa o indirectamente los componentes presentes en el mismo, es decir, se determinan las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI) (Arboleda, 2008). Para esto, se procede a segregar el proyecto en categorías y subcategorías denominadas etapas y componentes, determinando luego las ASPI por cada componente.

Primero se determinaron las etapas del proyecto resultando: planificación, construcción y operación. Por otro lado, dada la naturaleza del proyecto el componente es la carretera en sí misma.

### **2.7.1. Etapa de planificación**

En esta etapa, considera los autores Arboleda, (2008) y Conesa, (2010) que no es necesario desarrollar una metodología específica para la identificación de las ASPI, debido a que no pronostica la ocurrencia de más de un impacto significativo porque la carretera a mejorarse mantiene el trazo actual.

### 2.7.2. Etapa de construcción

De la revisión detallada de las especificaciones y alcance del proyecto, se identificaron y definieron las siguientes ASPI:

- Generación de empleo temporal.
- Movimiento de maquinarias pesadas.
- Transporte de materiales.
- Apertura y usos de caminos de acceso.
- Vaciado y compactación de la carpeta.
- Mejoramiento y/o construcción de obras de arte y drenaje.
- Campamento y patio de máquinas.
- Instalación y operación de la planta.
- Remoción y movimiento de tierra.
- Planta asfáltica.
- Apertura de área para disposición de materiales.
- Mejoramiento de puentes.
- Disposición definitiva de materiales.
- Explotación y manejo de canteras.
- Utilización de fuentes de agua.

### **2.7.3. Etapa de operación**

Con respecto a la etapa de operación se visualizaron las siguientes acciones susceptibles de producir impacto:

- Mantenimiento y conservación de la vía.
- Puentes y/o pontones mejorados.
- Alcantarillas mejoradas.
- Señalización ambiental y de tráfico.
- Áreas de canteras reconformadas.
- Sistemas de drenaje artificial.
- Mayor fluidez del tránsito vehicular.
- Áreas reconformadas depósitos de materiales.
- Viviendas y estructura fuera del derecho.
- Carretera mejorada.

### **2.8. Caracterización del ambiente**

Unos de los pasos fundamentales para abordar los EIA será la descripción del conjunto de circunstancias físicas, culturales, sociales, económicas, y otras que rodean a los seres vivos, es decir, el medio ambiente (ISO, 2015) asociado al proyecto a evaluar. La información mostrada en esta actividad será de suma importancia para el estudio al describir las características y condiciones principales del entorno afectado (Arboleda, 2008).

Esta información debe describir concisa y resumidamente “el entorno de las áreas que serán afectadas... y no serán más extensas de lo que sea necesario para entender los efectos de las alternativas” (Canter, 1998:45).

Para desarrollar la descripción se manejó el concepto de entorno de manera integral entre los aspectos naturales y sociales. Se estructuraron los diferentes componentes del ambiente organizados según su medio (natural o social) y luego según su sistema (abiótico, biótico, y antrópico) catalogándolos de la siguiente forma:

**Tabla 6:**

*Clasificación detallada de los elementos que conforman el ambiente*

Medio	Sistema	Componente o dimensión
Natural	Físico o abiótico	Clima (aire)
		Geología
		Geomorfología
		Suelos
		Hidrología (agua)
Natural	Biótico	Paisaje
		Flora
		Fauna
Social	Antrópico	Uso de tierras
		Demográfico
		Socioeconómico
		Cultural y recreativo

*Fuente: Adaptación de Arboleda (2008)*

## 2.8.1. Sistema abiótico

### 2.8.1.1. Clima

En relación al clima este se caracteriza por ser templado, seco y soleado durante día y frío durante la noche, registrando valores según el Ministerio de Ambiente, SENAHI, (2018) de:

- Temperatura anual promedio: 15,8 °C
- Temperatura máxima promedio: 21 °C
- Temperatura mínima promedio: 6 °C

La humedad relativa varía con la altitud, estimándose que para la zona de estudio (aproximadamente 3500 m.s.n.m.), el promedio varía entre 60 y 80%. La cercanía al Ecuador

y la ubicación en piso térmico bajo, da como resultado un invierno suave y un verano caluroso y lluvioso en febrero.

Las precipitaciones se dan de diciembre a marzo y se presentan de forma cíclica con el fenómeno climatológico del Niño. El módulo pluviométrico (promedio anual de la lámina precipitada) medio en la zona del proyecto varía desde unos 800 mm/año a 1 560 mm / año. En cuanto a su distribución temporal, podríamos decir que, del total de la lámina precipitada, alrededor del 60% cae en el periodo húmedo (Enero - Abril), un 10% en el periodo de estiaje (Mayo - Agosto) y el 30% en el periodo de transición (Septiembre - Diciembre). (Ministerio de Ambiente, SENAHI, 2018)

### **2.8.1.2. Geología**

Acorde con la información presentada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN (citado por Huaripata, 2013), la trayectoria de la carretera atravesará un área derivada de formaciones geológicas del terciaria inferior producto de la actividad volcánica del cráter San Pablo, y las mismas están constituidas en su mayoría por andesitas porfiríticas, derrames de construcción dacítica y riolítica de variados colores. También, están presentes formaciones que derivan del periodo cuaternario con depósitos aluviales y fluvio-glaciares.

### **2.8.1.3. Geomorfología**

Según Bullón (citado por Huaripata, 2013), quien estudio las rocas sobre el terreno observo la presencia de pliegues tanto del tipo anticlinales como pliegues del tipo sinclinales, resultado en un terreno fuertemente ondulado y complejo.

### **2.8.1.4. Suelos**

Entre las diferentes metodologías para la clasificación de los suelos, en Perú se emplean las estrategias establecidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura, mejor conocida como la FAO, que divide al país en regiones geodáficas y clasificando los suelos en 31 categorías. De esta data resulta que los suelos están clasificados como “Leptosol Euridica – Afloramiento Lítico” y “Regosol Euridico – Cambiosol Euridico” según el mapa elaborado por la FAO

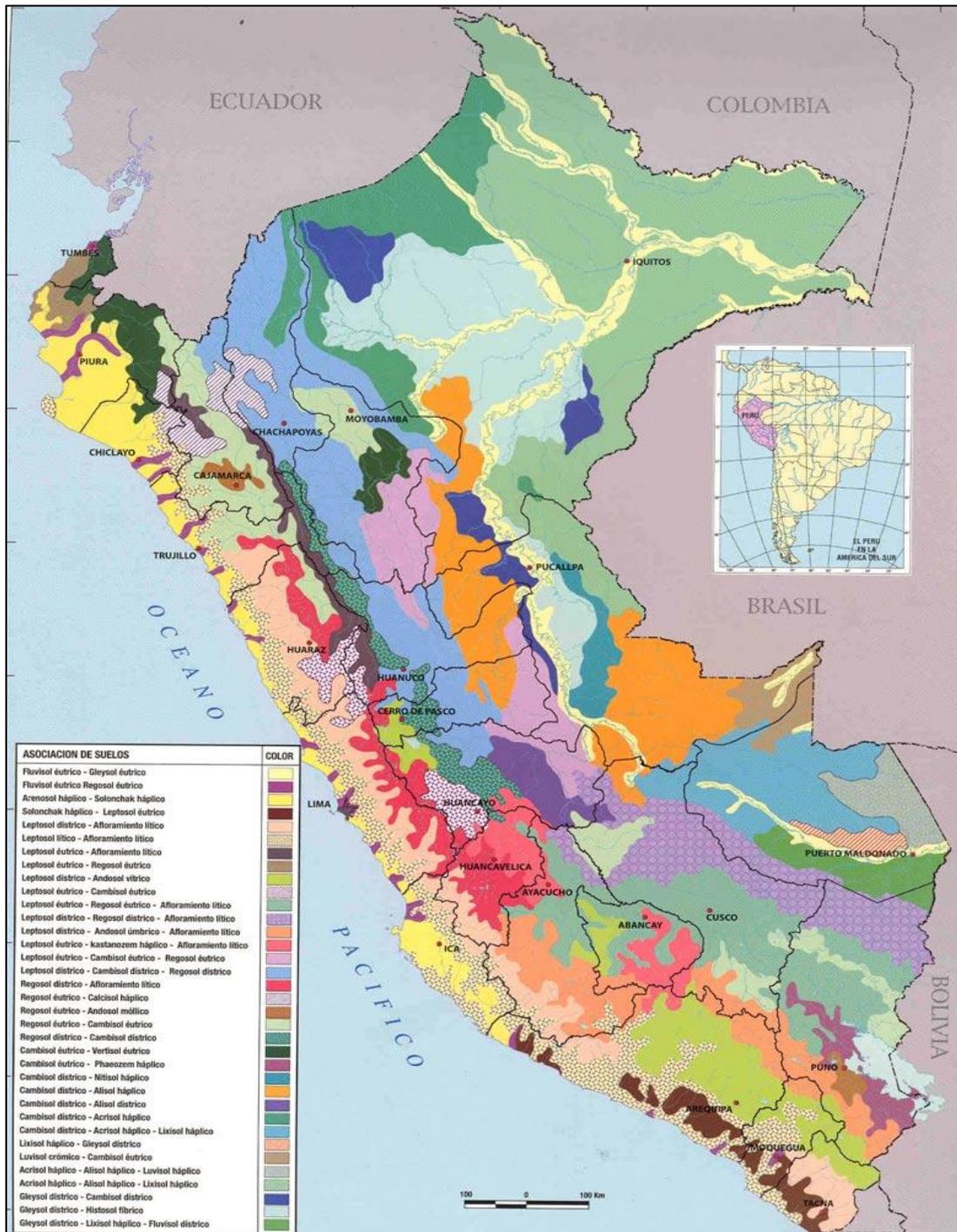


Figura 4. Clasificación de los suelos en forma asociada. Fuente: MINAGRI (2018)

### 2.8.1.5. Hidrografía

En cuanto a la hidrografía, todo el tramo de la Carretera entre el Desvío San Pablo y la localidad El Tinte, pasando por la localidad Granja Porcón, se ubica en la microcuenca de la Quebrada Lazareto y microcuenca del río Tinte, que a su vez son afluentes del río Rejo, ambos pertenecientes a la microcuenca del río Puclush de la subcuenca del río San Miguel de la cuenca regulada del río Jequetepeque del gran sistema del Pacífico.



Figura 5. Cuencas hidrológicas de Cajamarca. Fuente: (Gobierno Regional de Cajamarca, 2010)

### 2.8.1.6. Paisaje

La zona donde será construida la carretera Granja Porcón Tramo Emp Pe.-1nf-Granja Porcón, CP. Porcón Alto está ubicada en la región natural catalogada como “Sierra” según lo establecido en la “Memoria Descriptiva Manual de Ecozonas Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) – Perú” del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2016) acorde lo mostrado en la figura 6.



Figura 6. Regiones naturales de Perú. Adaptación de OGATEIRIN – INRENA (citado por SERFOR, 2016)

Esta región pertenece a los Andes Cajamarquinos los cuales son semi áridos y marcan el punto inicial entre los andes secos del sur y los andes húmedos del Ecuador y Colombia.

El paisaje muestra una topografía compleja, presentando una zona con relieve ondulado recortada por el río Rejo, quebradas y cárcavas poco profundas con derrumbes y áreas de mal drenaje, y otra área marcada por una zona que va de moderada a fuertemente accidentada conformada por lomadas, cerros y algunos afloramientos rocosos, que presenta además planicies altas.

## **2.8.2. Sistema biótico**

### **2.8.2.1. Flora**

A través de la observación directa realizada en el área de influencia del proyecto (tanto directa como indirecta), así como de los datos suministrados por el Gobierno Regional de Cajamarca (2010), se determinó la presencia de vegetación asociada a la clasificación de “Bosque Andino Estacional” y “Jalca” (silvestre, tierra desierta) como se muestra en la figura 7. Existen presencia de plantas con presencia de vegetación autóctona de la zona como “*Laccopetalum giganteum*, *Ascidiogyne sanchezvegae*, y *Calceolaria caespitosa*” (Sanchez-Vega & Dillon, 2006), y también, árboles y arbustos perennifolios y un alto porcentaje de herbáceas perennes (Gobierno Regional de Cajamarca, 2010).

Adicionalmente, el área es considerada como una de las reservas y pulmones del Perú y del mundo, por sus extensas áreas forestadas que superan las 10,000 hectáreas de bosques de pino, ciprés, eucaliptos, entre otros (ver figuras 7 y 8). De estos tipos de árboles el que

tiene una mayor presencia es el pino, presente con especies como pinus patula, pinus ridiata, pinus muricata, pseudotropus, pinus montezumae, y pinus gregui.

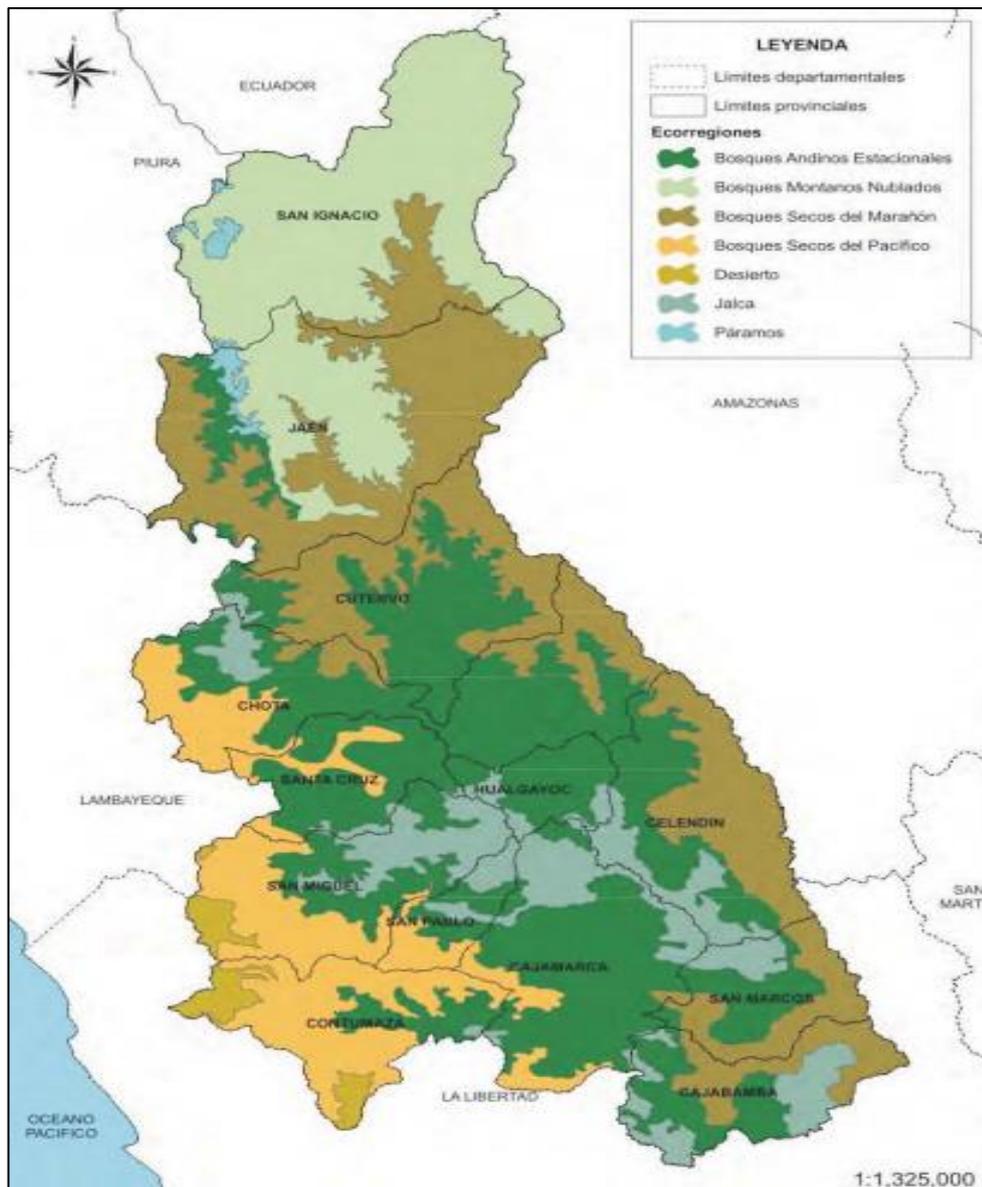


Figura 7. Ecorregiones de Cajamarca.

### **2.8.2.2. Fauna**

Por su parte, al ser un área con un alto índice de intervención humana la fauna silvestre ha disminuido. Algunas especies de animales silvestres presentes en esta área según el Gobierno Regional de Cajamarca (2010), son mamíferos “como *Lagidium peruanum* “vizcacha” y *Calomys sorellus* “ratón de jalca” que ocupan los espacios rocosos, cubiertos en ocasiones por vegetación abundante. Aves endémicas como *Metallura phoebe* o *Upucerthia serranaque*”. Por otro lado, en la región existe una impórtate presencia de ganado bovino entre otros, destinados a desarrollar actividades agropecuarias.

### **2.8.3. Sistema antrópico**

#### **2.8.3.1. Uso de tierras**

Dentro del área de influencia del proyecto y en general en la zona los habitantes y diferentes industrias han hecho uso de las tierras con fines de minería, agrícolas, pecuarios, y otros.

#### **2.8.3.2. Demográfico**

Las Localidades de Granja Porcón y el distrito del El Tinte serán los principales beneficiados con la construcción de la nueva vialidad, quienes se encuentran ubicados dentro de los límites del área de influencia indirecta del proyecto.

### **2.8.3.3. Socioeconómico**

Las principales actividades económicas desarrolladas por los habitantes dentro de los límites de influencia del proyecto destacan el turismo, aserraderos e industria maderera, comercio, y actividades agropecuarias como la siembra de hongos comestibles o cría de ganado bovino. En este sentido, el mejoramiento de carretera significará una vía de acceso renovada y moderna para su localidad, diseñada y construida de manera planificada, tal que, impulsará tanto las actividades comerciales y económicas en general, así como, el turismo.

### **2.8.3.4. Cultural**

Desde el punto de vista cultural de la población según los datos del Gobierno Regional de Cajamarca (2010), en las adyacencias del proyecto se ubican comunidades campesinas.

## **2.9. Caracterización del Proyecto**

Para la caracterización del Proyecto se siguió lo propuesto por Arboleda, (2008), quien manifiesta que en primer lugar se debe caracterizar el Proyecto. En segundo lugar se caracteriza el ambiente. En tercer lugar se identifica y evalúa los impactos ambientales escogiendo un método de identificación de impactos ambientales bien sea indirecto o directo según las necesidades del investigador y por último se elabora un plan de manejo ambiental. Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron dos métodos: la Matriz de Leopold y el Método Multicriterio con el objetivo de evaluar ambos métodos e identificar cual de estos dos es más eficiente en la Evaluación de Impactos Ambientales de la

construcción de la Carretera de Granja Porcon Tramo Emp Pe – Inf- C.P. Porcon Alto en la Provincia de Cajamarca.

## 2.10. Criterios de comparación de métodos EIA

Para determinar la eficiencia de los EIA empleados en esta investigación, se realizó una comparación entre ambos empleando el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés). El AHP fue desarrollado a finales de los 60 por Thomas Saaty quien lo utilizó para establecer comparaciones entre pares de elementos organizados en matrices y seleccionar la mejor alternativa entre diferentes opciones posibles (Osorio y Orejuela, 2008). El mismo requiere según los autores que quienes tomen las decisiones brinden evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios, especificando posteriormente su preferencia con relación a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio, lo cual posibilita una jerarquización con prioridades para cada una de las alternativas de decisión. En este sentido en la presente investigación se establecieron los siguientes elementos de comparación:

- **Factores ambientales:** se refiere a la evaluación del espectro de factores ambientales abióticos, bióticos y antrópicos, desde la perspectiva de mayor cantidad de elementos considerados
- **Perspectiva:** se valora las diferentes cantidades de elementos para analizar un impacto ambiental.

- **Valoración:** se refiere a la capacidad para determinar si un determinado impacto ambiental es leve, medio o severo.
- **Subjetividad:** este apartado pondera la fiabilidad del resultado analizando si el mismo depende de la percepción de los individuos que realizan la EIA o si es obtenido a través de un procedimiento objetivo.
- **Utilidad:** por medio de esta categoría se evalúa la utilidad del resultado obtenido, es decir, se determina si los datos resultantes son de valor por si solos según los criterios establecidos por cada método.
- **Complejidad:** se refiere a la facilidad que tiene el método para ser aplicado.

Una vez establecidos los criterios se procedió a construir una matriz que permitiera determinar la importancia de cada elemento, comparándolos entre sí, aplicando para ello la escala establecida por Saaty como se puede observar en la tabla 7.

**Tabla 7:**

*Escala Saaty.*

Escala	Descripción
1	Igualmente preferida
3	Moderadamente preferida
5	Fuertemente preferida
7	Muy fuertemente preferida
9	Extremadamente preferida

*Fuente: Adaptación de Osorio & Orejuela (2008)*

**Tabla 8:**

*Matriz AHP*

	Factores Ambientales	Perspectiva	Valoración	Subjetividad	Utilidad	Complejidad	$\Sigma$	Peso
Factores Ambientales								
Perspectiva								
Valoración								
Subjetividad								
Utilidad								
Complejidad								

*Fuente: Adaptación de Osorio & Orejuela (2008)*

Según la escala de Saaty se debe asignar en primer lugar una puntuación considerando lo siguiente:

- La diagonal de la matriz, es decir, la intersección de los mismos elementos se le asignan por defecto la valoración de 1 “igualmente preferible”
- El elemento a comparar se analiza por medio de la fila, es decir, si se está comparando por ejemplo “factor ambiental” versus “perspectiva” y se considera que el mismo es más importante se le asignara un valor del 3 al 9 según lo determine el investigador o panel evaluador.

- Una vez evaluado un elemento cualquiera (factor ambiental, perspectiva, u otro), el valor a asignar a su elemento con el que fue comparado será directamente inverso, es decir, tomando como ejemplo que “factor ambiental” en su comparación con
- “perspectiva” obtenga un resultado de 5 cuando se compare “perspectiva” con “factor ambiental” (tomando como referencia la fila de perspectiva), la resultante será 1/5.
- Una vez completada la ponderación se realizará una suma algebraica de los resultados de las filas. El resultado de cada fila será dividido entre la sumatoria total de la resultante de cada fila con lo que se obtendrá el valor normalizado del peso por cada fila. El resultado del valor normalizado de cada fila será denominado vector de prioridades.

Luego de completar la matriz AHP, se realiza la evaluación empleando para ello el formato mostrado en la tabla 3.

**Tabla 9:**

*Evaluación de EIA*

Elemento de comparación	Peso normalizado	Puntaje		Puntaje normalizado	
		Matriz Leopold	Matriz Multicriterio	Matriz Leopold	Matriz Multicriterio
Factores ambientales					
Perspectiva					
Valoración					
Subjetividad					
Utilidad					
Complejidad					
<b>Total</b>					

*Fuente: Adaptación de Osorio & Orejuela (2008)*

En primer lugar, se completa la columna de peso normalizado con los resultados de obtener en la matriz AHP. Luego, se le otorga puntaje a cada método utilizando con una ponderación del 1 al 3 como se indica a continuación:

- **1:** poco favorable
- **2:** medianamente favorable
- **3:** muy favorable

Seguidamente, se multiplicará el puntaje por el peso normalizado de cada elemento de comparación con lo que se define el puntaje normalizado. Para concluir, se realiza una sumatoria de los puntajes normalizados y el método que obtenga el mayor puntaje será la mejor alternativa.

### **2.11. Factores ambientales representativos de impacto**

Los factores ambientales representativos de impacto (FARI) son aquellos aspectos del ambiente que pueden resultar especialmente afectados por las ASPI (Arboleda, 2008).

Para determinar los FARI se inició con la elaboración de una matriz de doble entrada colocando en las filas las ASPI y en las columnas los componentes ambientales. Con esta metodología se identificaron que acciones afectan a los componentes ambientales. A continuación, se muestran las tabas de resultados de las matrices elaboradas:

**Tabla 10:**

*Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales abióticos, etapa construcción*

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Clima</b>	<b>Geología</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>Suelos</b>	<b>Hidrología</b>	<b>Paisajes</b>
Generación de empleo temporal	-	-	-	-	-	-
Movimiento de maquinarias pesadas	X	-	-	X	X	-
Transporte de materiales	X	-	-	-	-	-
Apertura y usos de caminos de acceso	-	-	-	-	X	X
Vaciado y compactación de la carpeta	-	-	-	-	X	-
Mejoramiento y/o construcción de obras de arte y drenaje	-	-	-	-	X	-
Campamento y patio de máquinas	-	-	-	-	X	X
Instalación y operación de la planta	X	-	-	-	X	X
Remoción y movimiento de tierra	X	-	-	-	X	-
Planta asfáltica	X	-	-	X	X	X
Apertura de área para disposición de materiales.	X	-	-	X	-	X
Mejoramiento de puentes	-	-	-	-	X	-
Disposición definitiva de materiales.	-	-	X	X	-	X
Explotación y manejo de canteras.	X	-	X	X	X	X
Utilización de fuentes de agua	-	-	-	-	X	-

**Tabla 11:**

*Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales abióticos, etapa operación*

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Clima</b>	<b>Geología</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>Suelos</b>	<b>Hidrología</b>	<b>Paisajes</b>
Mantenimiento y conservación de la vía.	-	-	-	-	-	-
Puentes y/o pontones mejorados.	-	-	-	-	X	X
Alcantarillas mejoradas.	-	-	-	-	X	-
Señalización ambiental y de tráfico.	-	-	-	-	-	-
Áreas de canteras reconformadas.	-	X	-	X	-	X
Sistemas de drenaje artificial.	-	-	-	-	-	-
Mayor fluidez del tránsito vehicular.	-	-	-	-	X	-
Áreas reconformadas depósitos de materiales.	-	-	X	-	-	X
Viviendas y estructura fuera del derecho.	-	-	-	-	-	-
Carretera mejorada.	-	-	-	-	-	X

**Tabla 12:**

*Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales bióticos, etapa construcción*

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Flora</b>	<b>Fauna</b>
Generación de empleo temporal	-	-
Movimiento de maquinarias pesadas	-	-
Transporte de materiales	X	-
Apertura y usos de caminos de acceso	X	-
Vaciado y compactación de la carpeta	-	X
Mejoramiento y/o construcción de obras de arte y drenaje	X	-

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Flora</b>	<b>Fauna</b>
Campamento y patio de máquinas	X	-
Instalación y operación de la planta.	X	-
Remoción y movimiento de tierra.	X	-
Planta asfáltica.	X	-
Apertura de área para disposición de materiales.	-	-
Mejoramiento de puentes	-	-
Disposición definitiva de materiales.	X	X
Explotación y manejo de canteras.	X	-
Utilización de fuentes de agua	-	-

**Tabla 13:**

*Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales bióticos, etapa operación*

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Flora</b>	<b>Fauna</b>
Mantenimiento y conservación de la vía.	X	-
Puentes y/o pontones mejorados.	X	-
Alcantarillas mejoradas.	X	-
Señalización ambiental y de tráfico.	-	-
Áreas de canteras reconformadas.	X	-
Sistemas de drenaje artificial.	X	-
Mayor fluidez del tránsito vehicular.	-	-
Áreas reconformadas depósitos de materiales.	X	X
Viviendas y estructura fuera del derecho.	-	-
Carretera mejorada.	-	X

**Tabla 14:**

*Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales antrópico, etapa construcción*

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Uso de tierras</b>	<b>Socioeconómico</b>	<b>Cultural y Recreación</b>	<b>Demográfico</b>
Generación de empleo temporal	-	X	-	-
Movimiento de maquinarias pesadas	-	X	-	-
Transporte de materiales	X	X	-	-
Apertura y usos de caminos de acceso	X	X	-	-
Vaciado y compactación de la carpeta	-	X	-	-
Mejoramiento y/o construcción de obras de arte y drenaje	-	-	-	-
Campamento y patio de máquinas	-	X	-	X
Instalación y operación de la planta.	X	-	-	-
Remoción y movimiento de tierra.	-	X	-	-
Planta asfáltica.	-	X	-	-
Apertura de área para disposición de materiales.	-	-	-	-
Mejoramiento de puentes	-	X	-	-
Disposición definitiva de materiales.	-	-	-	-
Explotación y manejo de canteras.	-	-	-	-
Utilización de fuentes de agua	-	-	-	-

**Tabla 15:**

*Matriz de interacción ASPI y componentes ambientales antrópicos, etapa operación*

<b>Acciones susceptibles de producir impacto</b>	<b>Uso de tierras</b>	<b>Socioeconómico</b>	<b>Cultural y Recreación</b>	<b>Demográfico</b>
Mantenimiento y conservación de la vía.	-	X	-	-
Puentes y/o pontones mejorados.	X	X	X	-
Alcantarillas mejoradas.	X	X	-	-
Señalización ambiental y de tráfico.	-	X	-	-
Áreas de canteras reconformadas.	-	X	-	-
Sistemas de drenaje artificial.	-	X	-	-
Mayor fluidez del tránsito vehicular.	X	X	X	-
Áreas reconformadas depósitos de materiales.	X	X	-	-
Viviendas y estructura fuera del derecho.	-	X	-	-
Carretera mejorada.	X	X	X	-

Una vez identificados los componentes ambientales afectados por las ASPI, y junto con la data de la caracterización del proyecto se procedió a definir los FARI. Una ventaja de aplicar este método es que “permite analizar la interacción de cada una de las ASPI con todos los factores ambientales” (Arboleda, 2008). Los resultados se muestran en la tabla 16 para la fase construcción y en la tabla 17 para la fase operación.

**Tabla 16:**

*Factores ambientales representativos de impacto, etapa de construcción*

Medio	Sistema	Componente	FARI
Natural	Físico o abiótico	Clima	Calidad del aire
		Geología	-
		Geomorfología	Topografía
			Materiales de construcción
Natural	Físico o abiótico	Suelos	Suelos
		Suelos	Inundaciones
			Erosión
		Hidrología	Compactación y asiento
			Inestabilidad
		Paisaje	Superficial
			Calidad
		Flora	Deposición (Sedimentación)
			Vista panorámica
		Social	Antrópico
Desarmonías			
Fauna	Arbustos y hierbas		
	Cultivos		
Demográfico	Pájaros (aves)		
	Animales silvestres		
Uso de tierras	Especies en peligro		
	Densidad poblacional		
	Silvicultura		
	Pastos		
			Cantera
			Agricultura
			Estilo de vida
			Empleo

Medio	Sistema	Componente	FARI
			Industria y comercio
			Nivel de vida
		Socioeconómico	Salud y seguridad
			Red de transporte
			Eliminación de residuos sólidos
			Barreras
		Cultural y Recreación	-

**Tabla 17:**

*Factores ambientales representativos de impacto, etapa de operación*

Medio	Sistema	Componente	FARI
		Clima	-
	Físico o abiótico	Geología	-
		Geomorfología	Topografía
		Suelos	Inestabilidad
	Físico o abiótico	Hidrología	Superficial
Natural		Paisaje	Vista panorámica
			Paisaje
		Flora	Arbustos y hierbas
	Biótico		Cultivos
		Fauna	Pájaros (aves)
			Barreras

Medio	Sistema	Componente	FARI		
Social	Antrópico	Demográfico	-		
		Uso de tierras	Agricultura		
			Pasto		
		Socioeconómico	Residencial		
			Comercial		
			Industrial		
			Estilo de vida		
		Social	Antrópico	Socioeconómico	Empleo
					Industria y comercio
				Socioeconómico	Agricultura y ganadería
Revaloración del terreno					
Nivel de vida					
Salud y seguridad					
Red de transporte					
Red de servicios y canales de riego					
Cultural y Recreación	Eliminación de residuos sólidos				
	Caza				
	Camping				
	Excursión				
			Lugares históricos		

## 2.12. Impacto ambiental potencial del proyecto

Una vez caracterizados tanto el proyecto como el entorno donde el mismo será implantado, así como determinados las ASPI y las FARI fue posible determinar las principales consecuencias y/o afectaciones ambientales esperadas luego de la implementación y puesta en marcha de la vialidad. De esta forma, se muestran a continuación

los principales impactos ambientales proyectados para las etapas de construcción y operación de la carretera.

### 2.12.1. Impacto ambiental potencial de la fase construcción

- **Interrupción del tráfico vehicular**, a consecuencia del desplazamiento de maquinarias y equipos, excavaciones sobre el afirmado, movimiento de tierras, mayor presencia de trabajadores, como también, por la no existencia de vías alternas que puedan permitir el desvío de los vehículos
- **Posible riesgo de accidentes:** motivado a que el tránsito de vehículos considerable, y por los trabajos de construcción se tendrá una mayor presencia de trabajadores y otros transeúntes.
- **Alteración de la calidad del aire**, debido a la emisión de ruidos, gases contaminantes producidos en la planta de asfalto y maquinaria, así como, a la emisión de material particulado (polvo) generado por las diversas actividades constructivas.
- **Alteración de los suelos y aguas**, motivado a la inadecuada disposición y gestión de materiales excedentes y uso de canteras.
- **Riesgo de incremento del tiempo de viaje de los usuarios de la vía**, debido a los trabajos propios de mejoramiento de la vía.
- **Posible pérdida de cobertura vegetal silvestre**, con una proyección de pérdida de un área de 25 Km<sup>2</sup> de capa vegetal.

- **Alteración de la calidad de las aguas superficiales**, debido al vertimiento de residuos sólidos y líquidos domésticos, sustancias derivados del mantenimiento de los vehículos, maquinarias y equipos de construcción, residuos de la operación de la planta de asfalto y uso del asfalto y otros componentes contaminantes, hacia los cauces de los cursos de agua superficiales, ríos y lagunas.
- **Afectación debido a las instalaciones temporales**, por la instalación y operación del campamento y patio de maquinarias (con un área aproximada de 500 m<sup>2</sup>).
- **Riesgo de enfermedades respiratorias**, al ubicarse el tramo en estudio en una zona cuyas altitudes son superiores a los 3200 m.s.n.m.

#### 2.12.2. Impacto ambiental potencial de la fase operación

- **Riesgo de seguridad vial**, debido a la posible ocurrencia de accidentes en perjuicio de los pobladores y transportistas que se desplazan a lo largo de la carretera.
- **Posible interrupción al tránsito vehicular**, motivado a deslizamientos y derrumbes a lo largo del emplazamiento de la carretera, principalmente en los periodos de altas precipitaciones (enero a marzo).
- **Posible expansión urbana no planificada**, producto del crecimiento urbano irregular en las zonas adyacentes a la vía pudiendo resultar en invasión del derecho de vía.

### **2.13. Evaluación de impacto ambiental (EIA)**

Una vez caracterizado el proyecto y el ambiente, y determinadas tanto las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI), así como los factores ambientales representativos de impacto (FARI), se procede a analizar “cualquier alteración al medio ambiente, en uno o más de sus componentes, provocada por una acción humana” (Moreira citada por Arboleda, 2008).

Para este fin se realizó un estudio de impacto ambiental (EIA) para “la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto” (Conesa V. , 1997), aplicando tanto el método de la Matriz Leopold como la aplicación de la Matriz Multicriterio.

### **2.14. Matriz Leopold**

El método fue creado por el Dr. Luna Leopold y otros investigadores en año 1971 en el Geological Survey de los Estados Unidos, estando dirigido especialmente para proyectos en construcción. Es un instrumento de evaluación cualitativo considerado como un método indirecto, ya que, no parte de una lista previa de impactos, sino que califica las interacciones entre el proyecto y el ambiente sin darle ningún nombre al impacto que se presenta en esa interacción. (Espinoza, 2002)

Esta estrategia en su versión original consta de 100 acciones susceptibles de causar impacto y 88 características o condiciones ambientales, lo cual arroja 8800 posibles

interacciones. Sin embargo, para este estudio se realizó una adaptación del método considerando las particularidades del proyecto.

Para la aplicación de este método se construyeron 2 matrices una para la etapa de construcción y otra para la etapa de operación considerando que para cada caso el comportamiento de las actividades asociadas a la carretera es diferente. La matriz para la fase de construcción consta de 15 acciones susceptibles de causar impacto (ASPI) y 30 características ambientales para un total de 450 interacciones.

Por su parte, la matriz de evaluación para la fase de operación está estructurada con 10 acciones susceptibles de producir impacto (ASPI) y 28 factores ambientales representativos de impacto (FARI) produciendo un total de 280 interacciones posibles.

La construcción de ambas matrices se desarrolló de la siguiente forma:

- Construcción de matriz de doble entrada colocando las FARI en las filas y las ASPI en las columnas.
- Se determinan las interacciones entre los factores ambientales representativos de impacto y las acciones susceptibles de producir impacto, examinando la relación de cada ASPI con todos los FARI, colocando una línea diagonal en cada casilla donde se determine la existencia de una interacción.

Una vez construida la matriz se procedió a evaluar independientemente cada interacción considerando los siguientes parámetros:

- **Magnitud (M):** Define el grado de afectación del FARI producto de las ASPI, valorada desde el 1 hasta el 5 de la siguiente forma:
  - N°1 muy baja magnitud.
  - N° 2 baja magnitud.
  - N°3 mediana magnitud.
  - N° 4 alta magnitud.
  - N°5 muy alta magnitud.
  
- **Importancia (I):** Esta ponderación sirve para asignar un peso relativo a cada FARI considerado su importancia dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto. La calificación ira desde el número 1 hasta el número 5 como se describe a continuación:
  - N°1 muy baja importancia.
  - N° 2 baja importancia.
  - N°3 mediana importancia.
  - N° 4 alta importancia.
  - N°5 muy alta importancia.
  
- **Clase:** Esta categoría sirve para identificar cuando el resultado de una interacción, es decir, cuando un impacto es benéfico para el ambiente (positivo +) o perjudicial para el entorno (negativo -).

Los resultados de cada interacción se colocan en las casillas de la matriz como se muestra en la figura 10. Donde en la parte superior se coloca **M = Magnitud** (extensión del impacto) y en el triángulo inferior se coloca la **I= Importancia**. La ponderación es subjetiva y según lo recomendado por Espinoza, (2006) este debe hacerse “con la participación de todo el equipo de especialistas para lograr la mayor objetividad posible” (p. 71).

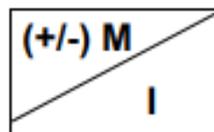


Figura 8. Evaluación de interacciones

La suma por filas indica las incidencias del conjunto de acciones sobre cada factor, y por lo tanto su grado de fragilidad.

#### 2.14.1. Matriz Leopold fase construcción

La revisión de los impactos ambientales para la fase construcción en los datos mostrados por la figura 11 asociada a la matriz Leopold de dicha etapa es el siguiente:

FARI		ASPI		Generación de Empleo Temporal	Movimiento de Maquinarias Pesadas	Transporte de Materiales	Apertura y Usos de Caminos de Acceso	Vaciado y Compactación de la Carretera	Mejoramiento y/o Construcción de Obras de Arte y Drenaje	Campamento y Patio de Maquinas	Instalación y Operación de la Planta	Remoción y Movimiento de Tierra	Planta Asfáltica	Apertura de Área para Disposición de Materiales	Mejoramiento de Puentes	Disposición Definitiva de Materiales	Explotación y Manejo de Canteras	Utilización de Fuentes de Agua	Número de Iteraciones Positivas	Número de Iteraciones Negativas	Agregación de Impactos			
Naturales	Abióticos	Clima	Calidad del Aire	-4	-3						-4	-2	-4	-1			-1	2	0	7	-69			
		Geografía	Topografía														-3	-4	4	0	2	-25		
		Suelos	Materiales de Construcción																-4	4	0	1	-16	
			Suelos			-2	3								-5	-3	2				0	3	-37	
			Inundaciones																	-3	3	0	1	-9
			Erosión			1	2														1	0	2	
			Compactación y Asiento			2	3														1	0	6	
	Inestabilidad															2	2		1	0	4			
	Hidrología	Superficial			-1	2	-1	2	-3	4	-3	3	-2	2	-4	-2	3	-3	3	1	1	8	-59	
		Calidad			-3	3	-1	2	-2	3	-3	3	-4	3	-2	3	-3	3	-4	4	0	10	-90	
		Deposición (Sedimentación)							2	3	1	1								2	0	7		
	Paisaje	Paisaje					-3	4						-3	3			-3	3	0	3	-30		
		Vista Panorámica					-3	3	-3	3	-3	3	-3	3	-2	3	-2	4	4	0	7	-62		
		Desarmonías					-4	4	-4	4	-3	3	-3	3	-2	2	-4	4	4	0	5	-51		
Bióticos	Flora	Arbustos y Hierbas						-3	3	-4	4	-3	3	-3	3	-2	2	-3	3	0	7	-72		
		Cultivos			-3	3	3					-3	4					-3	3	0	4	-42		
	Fauna	Pájaros (Aves)															-2	3	3	0	1	-6		
		Animales Silvestres															-3	3	3	0	1	-9		
		Especies en Peligro						-3	3											0	1	-9		
Social	Antropicos	Demografico	Densidad Poblacional						1	1									1	0	1			
		Uso de Tierras	Silvicultura									-4	4							0	1	-16		
			Pastos					-3	3											0	1	-9		
			Cantera			-3	4													0	1	-12		
			Agricultura					-3	3											0	1	-9		
	Socioeconomico	Estilo de Vida			3	3														1	0	9		
		Empleo			4	4														1	0	16		
		Industria y Comercio			4	4														1	0	16		
		Nivel de Vida			3	4														1	0	12		
		Salud y Seguridad			-2	3	-2	2	-3	4	-3	3	-3	4						0	7	-60		
		Red de Transporte			2	3	3	4	4							3	3			4	0	40		
Eliminación de Residuos Sólidos								-4	4									0	1	-16				
Barreas							-3	3										0	1	-9				
Número de Interacciones Positivas		4	3	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1						
Número de Interacciones Negativas		0	5	4	8	4	3	7	6	5	7	5	7	5	3	7	10	1						
Agregación de Impactos		53	-25	-28	-43	-42	-18	-78	-84	-42	-96	-28	-6	-41	-111	-15						-604		

Figura 9. Resumen Matriz Leopold fase construcción.

### **2.14.2. Matriz Leopold fase operación**

Como resultado del EIA realizado en la fase de operación de la carretera, a continuación se muestra la figura 12 donde se presenta debidamente la construcción del instrumento y las calificaciones resultantes de la relación de las ASPI con los FARI.

FARI		ASPI		Mantenimiento y Conservación de la Vía	Puentes y/o Pontones Mejorados	Alcantarillas Mejoradas	Señalización Ambiental y de tráfico	Áreas de Canteras Reconformadas	Sistema de Drenaje Artificial	Mayor Fluidez del Tránsito Vehicular	Áreas Reconformadas	Depositos de Materiales Vivencias y Estructuras Fuera del Derecho	Carretera Mejorada	Número de Interacciones Positivas	Número de Interacciones Negativas	Agregación de Impactos	
				4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	2	0	28	
Naturales	Abióticos	Geografía	Topografía					4	4		3			2	0	28	
		Suelos	Inestabilidad					-3	3					0	1	-9	
		Hidrología	Superficial	2	3	3				3	4			3	0	27	
		Paisaje	Paisaje					3	3			4	3	3	3	0	30
			Vista Panorámica					4	4			3	4	4	4	0	52
	Bióticos	Flora	Arbustos y Hierbas					3	4			4	4		2	0	28
			Cultivos	3	3	3	3		4	4					4	0	43
		Fauna	Pájaros (Aves)									4	3		1	0	12
			Barreras											-3	0	1	-9
Social	Uso de Tierras	Agricultura		4	3	4				3	4	2	3	5	0	53	
		Pastos			4	3								1	0	12	
		Residencial		4	4									4	2	0	32
			Comercial	3	4						3	4		4	3	0	40
		Industrial								3	4		4	2	0	28	
	Socioeconómico	Estilo de Vida	3	3									3	3	2	0	18
		Empleo								4	3		3	3	2	0	21
		Industria y Comercio	4	3						2	3		4	4	3	0	34
		Nivel de Vida								2	4		3	3	2	0	17
		Agricultura y Ganadería		3	4	3	3			2	3		3	4	4	0	39
		Revaloración del Terreno	3	3	3	3				2	4		2	3	5	0	41
		Salud y Seguridad	1	3	3	4	4	4	4	2	1	3	3	2	1	0	56
		Red de Transporte	4	4	4	3	4			3	3	4		4	6	0	81
		Red de servicios y canales de riego		4						3				3	3	0	27
		Eliminación de Residuos Sólidos								4	4			-3	1	1	7
	Cultural	Caza												-4	0	1	-12
		Camping												3	1	0	9
		Excursión		3	3					4	4			4	3	0	41
		Lugares Históricas												3	1	0	12
														4			
		Número de Interacciones Positivas		6	12	7	1	5	2	14	7	1	18				
		Número de Interacciones Negativas		0	0	0	0	1	0	0	0	0	3				
		Agregación de Impactos		56	134	72	16	56	25	137	81	6	175			758	

Figura 10. Matriz Leopold fase operación.

### 2.14.3. Valoración del impacto según resultados de la Matriz de Leopold

A partir de los puntajes obtenidos en la EIA se procedió a elaborar una matriz de importancia de los impactos ambientales del proyecto utilizando como datos de entrada la información obtenida en la caracterización del proyecto, caracterización del medio ambiente, ASPI, FARI, y resultados tanto para la fase de construcción como para la fase de operación.

Esta matriz se construyó colocando en las filas los factores ambientales agrupados en sus diferentes dimensiones agua, suelo, fauna, flora, socioeconómico, entre otros. En las columnas se colocó el valor de “agregación de impactos” determinado en la matriz Leopold, y el valor de impacto de cada dimensión o factor ambiental (acorde los resultados de la matriz de Leopold) por separado, ya que, cada uno tiene una importancia diferente (Conesa, 2010).

Para definir la importancia de cada factor ambiental autores como Gómez (2007), recomiendan el uso de mapas jerárquicos. A continuación, se muestra la tabla 18 elaborada como adaptación de la jerarquización sugerida por Conesa (2010)

**Tabla 18:**

*Jerarquización de factores ambientales*

Medio	Sistema	Componente o dimensión	Unidades de importancia (UIP)
Natural	Físico o abiótico	Clima (aire)	60
		Suelos	60
		Hidrología (agua)	60
		Paisaje	20
Natural	Biótico	Flora	60

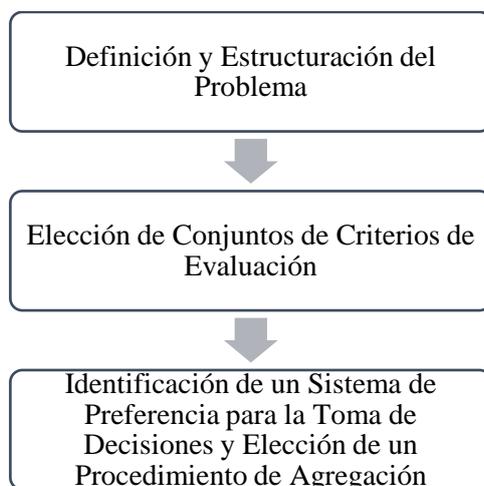
Medio	Sistema	Componente o dimensión	Unidades de importancia (UIP)
		Fauna	60
		Uso de tierras	20
Social	Antrópico	Socioeconómico	50
		Cultural y recreativo	30

*Fuente: Adaptación de Conesa (2010)*

## 2.15. Matriz Multicriterio

La influencia de la construcción y posterior operación de la carretera sobre el medio ambiente fue también estudiada a través de la aplicación de una matriz multicriterio. Esta permitió evaluar desde una diversidad de criterios la afectación ambiental, siendo esto una importante ventaja según Funtowicz et al. (como se citó en Uribe, 2001), al funcionar como una herramienta multidimensional que se ajusta a las condiciones del mundo real.

El desarrollo de la matriz multicriterio se realizó siguiendo los pasos nombrados a continuación:



*Figura 11. Componentes de una evaluación multicriterio. Adaptación del Autor a partir de (Munda, 1993; Munda, Nijkamp y Rietveld, 1995)*

El primer paso está definido por el escenario de evaluación, para este caso, la construcción y operación de la carretera Granja Porcón (tramo emp. Pe.-Inf-Granja Porcón, CP. Porcón Alto). Este apartado fue previamente desarrollado en esta investigación, al ser caracterizado tanto el proyecto como el ambiente, y al haber sido determinadas las ASPI y FARI.

Una vez determinado el escenario se procedió a seleccionar los criterios mediante los cuales se realizaría la evaluación. En este sentido, se tomaron como criterios para la evaluación los impactos ambientales determinados previamente en el apartado 3.5, así como los criterios establecidos a partir de una adaptación de Canter (1998) y BID (2002):

- **Carácter (C):** se refiere a si la afectación es beneficiosa (+) o perjudicial (-) para el entorno.
- **Ocurrencia (O):** probabilidad de que ocurra el impacto.
- **Extensión (E):** esto se mide en referencia a la extensión del impacto (puntual, local, regional).
- **Perturbación (P):** este atributo mide la capacidad del entorno de absorber las afectaciones ambientales.
- **Duración (D):** expresa el tiempo en el cual se manifiesta el impacto.
- **Importancia (I):** expresa el grado de afectación al ambiente.
- **Reversibilidad (R):** este atributo se refiere a la capacidad del entorno de volver a su estado inicial.

Por último, se estableció un sistema de ponderación para asignar una puntuación para la construcción de la matriz. Se emplearon los criterios establecidos por Espinoza (2006). Los valores a ser considerados para cada categoría se muestran en las tablas 19.

**Tabla 19.**

*Escala de atributos considerados para el valor del impacto ambiental*

<b>Atributo</b>	<b>Rango</b>		
Carácter	Positivo / +1	Negativo / -1	
Ocurrencia	Poco probable / 1	Probable / 2	Muy probable / 3
Extensión	Puntual / 1	Local / 2	Regional / 3
Perturbación	Escasa / 1	Regular / 2	Importante / 3
Duración	Corta / 1	Media / 2	Permanente / 3
Importancia	Baja / 1	Media / 2	Alta / 3
Reversibilidad	Reversible / 1	Parcial / 2	Irreversible / 3

*Fuente: Adaptación de Espinoza (2006)*

Una vez completados los pasos para la realización del análisis multicriterio, se procedió a la construcción de la matriz para la priorización de las afectaciones ambientales adaptada de lo sugerido por Contreras et al. (2008), colocando para este caso de estudio en la primera fila todos los criterios relacionados a evaluar los impactos, y en la primera columna los criterios relacionados a los impactos ambientales potenciales en sí, y en la

última columna la sumatoria de la resultante de cada criterio para determinar la jerarquización de cada impacto.

Para el caso particular de esta matriz, el valor correspondiente a la primera columna (clase) en lugar de sumarse al resto de los criterios, se multiplicará a la sumatoria para indicar si el impacto es positivo o negativo, siguiendo lo establecido por la ecuación para determinar el impacto ambiental (Conesa V. , 2010).

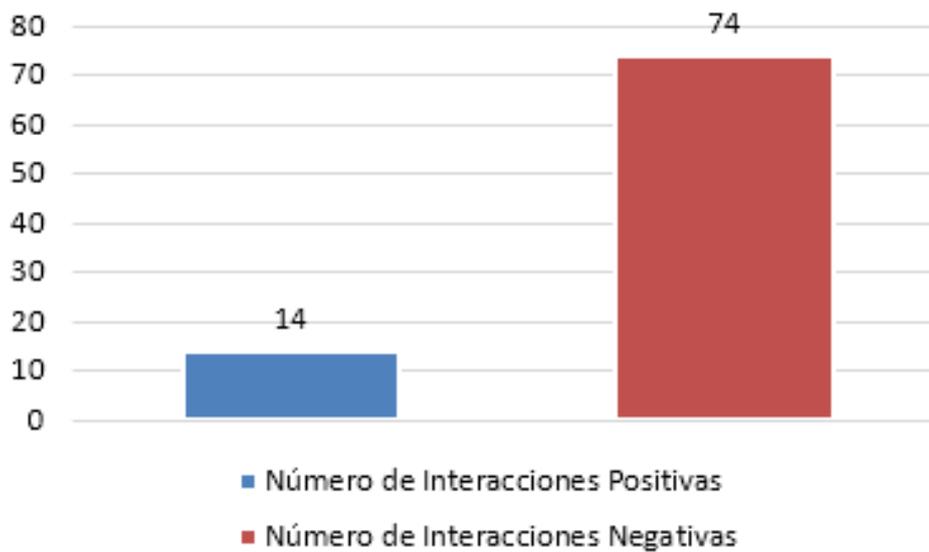
$$I_v = C * (O + E + P + D + I + R)$$

*Ecuación 1.* Valor del impacto ambiental.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultado 1.

Como se aprecia en la figura 11 de la matriz de Leopold en la fase de construcción de esta EIA se obtuvieron 14 interacciones positivas en contraste con 74 interacciones negativas, para un total de 88 interacciones entre FARI y ASPI. Dado que el número de interacciones negativas fue mayor al número de interacciones positivas, y que, la suma algebraica de la agregación de impacto fue negativa con un valor de -604 se determina que en la fase de construcción tiene un alto potencial de generar alteraciones perjudiciales al medio ambiente dentro de la influencia del proyecto.



*Figura 12. Interacciones positivas y negativas entre ASPI y FARI fase construcción.*

Posteriormente, se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos de la EIA. Para este fin se determinaron tanto la media, la varianza, desviación estándar y el rango de la media tanto para los FARI (ubicados en las filas) como para las ASPI (ubicadas en las columnas) obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 20.**

*Datos estadísticos matriz Leopold fase construcción.*

<b>Descripción</b>	<b>FARI (Filas)</b>	<b>Columnas (ASPI)</b>
Media	-18,88	-40,27
Varianza	925,98	1642,92
Desviación estándar	30,43	40,53
Rango de la media	Desde -49,30 hasta 11,55	Desde -80,80 hasta 0,27

Considerando los valores estadísticos calculados tenemos que los factores ambientales y ASPI con un mayor beneficio ambiental durante la construcción de la carretera son aquellos que superan el límite superior del rango de la media, a saber:

- **Factores ambientales representativos de impacto (FARI)**
  - **Suelos:** erosión. Valor 2 puntos.
  - **Suelos:** compactación y asiento. Valor 6 puntos.
  - **Suelos:** inestabilidad. Valor 9 puntos.
  - **Hidrología:** disposición (sedimentación). Valor 7 puntos.
  - **Demográfico:** Densidad poblacional. Valor 1 punto.
  - **Socioeconómico:** estilo de vida. Valor 9 puntos.
  - **Socioeconómico:** empleo. Valor 16 puntos.
  - **Socioeconómico:** industria y comercio. Valor 16 puntos.
  - **Socioeconómico:** nivel de vida. Valor 12 puntos.

- **Socioeconómico:** red de transporte. Valor 40 puntos.
  
- **Acciones susceptibles de producir impacto (ASPI)**
  - Generación de empleo. Valor 53 puntos.

En este sentido, los factores ambientales beneficiados son las categorías suelos, hidrología, demográfico y socioeconómico, siendo el gran beneficiado el sector socioeconómico sobre todo en lo referente a empleo, industria y comercio, y red de transporte. Esto se reafirma con los resultados para las ASPI donde la acción que genera un mayor beneficio es la “generación de empleo”.

Por su parte, la afectación negativa del ambiente está marcada por 22 de 32 factores ambientales afectado negativamente 14 de 15 ASPI que causan algún tipo de perjuicio al medio ambiente.

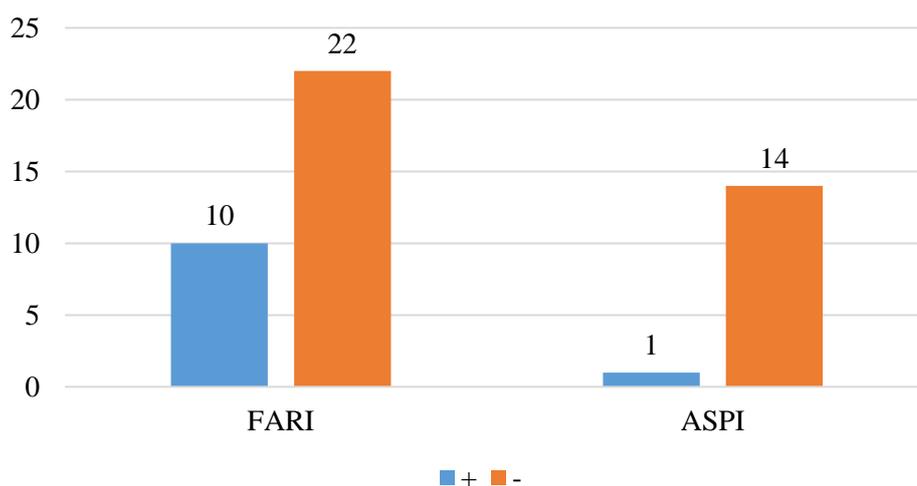


Figura 13. ASPI y FARI positivas y negativas de la fase construcción.

De este universo los más significativos son los ubicados por debajo del límite inferior del rango de la media los cuales se mencionan a continuación:

- **Factores ambientales representativos de impacto (FARI)**

- **Clima:** calidad del aire. Valor -69 puntos.
- **Hidrología:** calidad. Valor -90 puntos.
- **Paisaje:** vista panorámica. Valor -62 puntos.
- **Paisaje:** desarmonía. Valor -51 puntos.
- **Flora:** arbustos y hierbas. Valor -72 puntos.
- **Socioeconómico:** salud y seguridad. Valor -60 puntos.

- **Acciones susceptibles de producir impacto (ASPI)**

- Instalación y operación de la planta. Valor -84 puntos.
- Planta asfáltica. Valor -96 puntos.
- Explotación y manejo de canteras. Valor -111 puntos.

En cuanto a las FARI, la mayor afectación estará ubicada en los factores naturales sobre todo los abióticos y la categoría flora por el ámbito biótico. Tanto el sector socioeconómico como la categoría fauna también presentarán afectación (destacándose la categoría socioeconómica “salud y seguridad), aunque en menor proporción con respecto a

los otros factores. En lo que se refiere a las ASPI, todas exceptuado “generación de empleo” causaran afectación negativa al entorno destacándose las listadas con anterioridad.

### 3.2. Resultado 2

Como se aprecia en la figura 14 de la matriz de Leopold en la fase de Operación de esta evaluación se obtuvieron 73 interacciones positivas versus 4 interacciones negativas, para un total de 77 interacciones. Dado que el número de interacciones positivas fue mayor al número de interacciones negativas, y que, la suma algebraica de la agregación de impacto fue positiva con un valor de 758 se determina que en la fase de operación el impacto del proyecto es beneficioso para el medio ambiente.

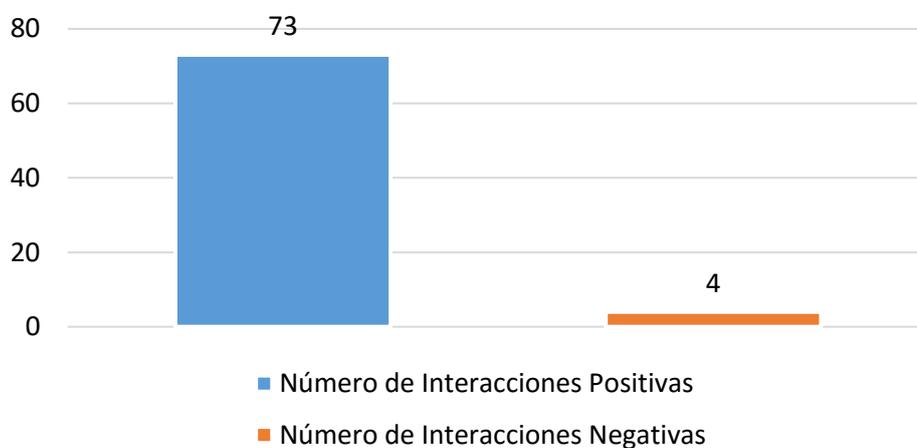


Figura 14. Interacciones positivas y negativas entre ASPI y FARI fase operación.

Este impacto positivo al entorno se puede evidenciar en que 25 de 28 factores ambientales son impactados positivamente por la fase operación de la carretera y 10 de 10 ASPI son beneficiosas.

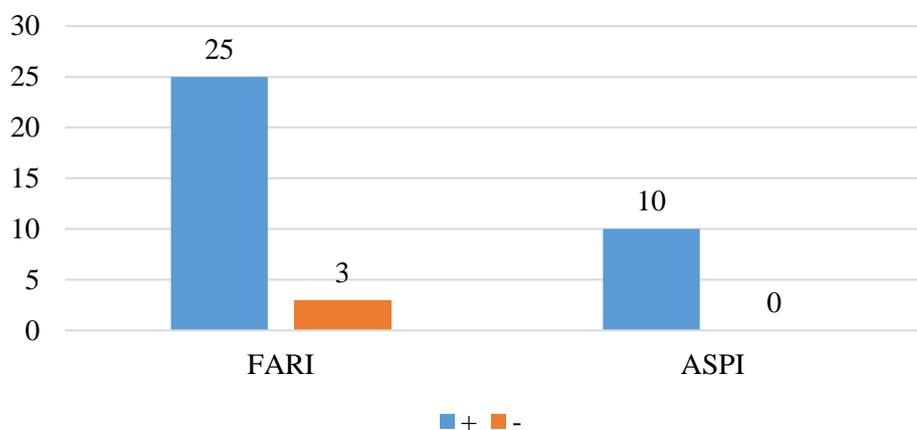


Figura 15. ASPI y FARI positivas y negativas de la fase operación.

Luego se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos para lo cual se determinaron tanto la media, la varianza, desviación estándar y el rango de la media. Para esta revisión se analizaron de forma separada los FARI (ubicados en las filas) y las ASPI (ubicadas en las columnas) obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 21.**

*Datos estadísticos matriz Leopold fase operación.*

Descripción	FARI (Filas)	Columnas (ASPI)
Media	27,07	75,80
Varianza	438,39	3203,07
Desviación estándar	20,94	56,60
Rango de la media	Desde 6,14 hasta 48,01	Desde 19,20 hasta 132,40

Considerando los valores estadísticos calculados tenemos que los factores ambientales que ofrecen un mayor beneficio durante la operación de la carretera son aquellos que superan el límite superior del rango de la media, a saber:

- **Factores ambientales representativos de impacto (FARI)**
  - **Paisaje:** vista panorámica. Valor 52 puntos.
  - **Uso de tierras:** agricultura. Valor 53 puntos.
  - **Socioeconómico:** red de transporte. Valor 81 puntos.
  - **Socioeconómico:** salud y seguridad. Valor 56 puntos.
  
- **Acciones susceptibles de producir impacto (ASPI)**
  - Puentes y/o pontones mejorados. Valor 134 puntos.
  - Mantenimiento y conservación de la vía. Valor 56 puntos.
  - Alcantarillas mejoradas. Valor 72 puntos.
  - Áreas de canteras reconvertidas. Valor 56 puntos.
  - Mayor fluidez del tránsito vehicular. Valor 137 puntos.
  - Áreas reconvertidas depósitos de materiales. Valor 81 puntos.
  - Carretera mejorada. Valor 175 puntos.

En este sentido, el factor ambiental que obtiene un mayor beneficio de la operación de la carretera es del ámbito social, categoría socioeconómica, subcategoría “red de transporte”. Por otro lado, la ASPI que genera mayor beneficio ambiental es la “carretera mejorada”.

Por su parte, la afectación negativa del ambiente está marcada por los siguientes elementos, todos significativos y por debajo del límite inferior del rango de la medida:

- **Factores ambientales representativos de impacto (FARI)**
  - **Suelos:** inestabilidad. Valor -9 puntos.
  - **Fauna:** barreras. Valor -9 puntos.
  - **Cultural y recreación:** caza. Valor -12 puntos.
  - **Socioeconómico:** eliminación de residuos sólidos. Valor -16 puntos.

En cuanto a las FARI, será el ámbito social, categoría cultural, subdivisión “caza” la que presentará mayor impacto ambiental. Para las ASPI, a pesar de existir interacciones negativas para los casos “áreas de canteras reconvertidas” y “carretera mejorada” la suma algebraica de estas acciones da como resultado un valor positivo, razón por la cual globalmente las acciones antes mencionadas son en beneficio del ambiente.

### 3.3. Resultado 3.

De acuerdo a la tabla 21 y a partir de los datos de resumen de importancia de ambas matrices se construyó la matriz de doble entrada para determinar la identificación de los impactos ambientales asociados a los factores ambientales

Tabla 22:

*Resumen importancia de impacto ambiental del proyecto acorde los factores ambientales*

Factor Ambiental (FA)	UIP	Agregación de impacto construcción	Valor FA relativo Construcción	Agregación de impacto operación	Valor FA relativo operación
Clima (aire)	60	-69	-9.86	0	0.00
Suelos	60	-75	-10.71	19	2.71
Hidrología (agua)	60	-142	-20.29	27	3.86
Paisaje	20	-143	-6.81	82	3.90
Flora	60	-114	-16.29	83	11.86
Fauna	60	-24	-3.43	3	0.43
Uso de tierras	20	-46	-2.19	153	7.29
Socioeconómico	50	9	1.07	341	40.60
Cultural y recreación	30	0	0.00	50	3.57
Ambiente = 420					
Valor absoluto		-604		758	
Valor relativo			<b>-68,50</b>		<b>74,21</b>

Una vez determinado el valor relativo a los impactos ambientales para cada dimensión de factor ambiental, se obtuvo el valor relativo del impacto ambiental para cada fase del proyecto (construcción y operación) al sumar algebraicamente estos puntajes, como se

mostró en la tabla 22. Este valor permitió categorizar la influencia para el entorno según las reglas de ponderación mostradas en la tabla 23.

**Tabla 23:**

*Interpretación de impactos ambientales*

<b>Grado del impacto</b>	<b>Intervalo</b>
s.d.	0 – 20
Bajo	21 – 40
Medio	41 - 60
Alto	61 - 100

*Fuente: Adaptación de SEIA (s.f.)*

Considerando los valores obtenidos tanto para la etapa de construcción con una valoración de -68,50, como para la etapa de operación de 74,21 se logró establecer que:

- **Fase construcción:** se espera un alto impacto ambiental (entre 61 a 100 puntos) perjudicial para el entorno.
- **Fase operación:** se espera un alto impacto ambiental (entre 61 a 100 puntos) en beneficio del ambiente

### 3.4. Resultado 4.

A continuación, se muestra los resultados de la matriz multicriterio para priorización de los impactos para las etapas de construcción y operación:

**Tabla 24.**

*Matriz para la priorización de impactos ambientales potenciales de la fase construcción*

<b>Impacto ambiental</b>	<b>Ítem</b>	<b>C</b>	<b>O</b>	<b>E</b>	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Σ</b>
Interrupción del tráfico vehicular por movimiento de maquinarias, equipos y trabajos de la obra	1	-1	3	2	2	3	2	1	-13
Posible riesgo de accidentes por tráfico de vehículos	2	-1	2	2	1	1	2	1	-9
Alteración del aire por ruido, emisión de gases por maquinaria y planta de asfalto, y por emisión de material particulado (polvo)	3	-1	3	2	2	2	3	1	-13
Alteración de suelos y agua por inadecuada disposición de material excedente de canteras	4	-1	2	2	3	2	3	2	-14
Riesgo de incremento del tiempo de viaje de los usuarios de la vía por los trabajos de mejora de la carretera	5	-1	3	2	1	2	1	1	-10
Posible pérdida de cobertura vegetal silvestre	6	-1	2	2	2	1	2	1	-10
Alteración de la calidad de las aguas superficiales debido al vertimiento de residuos sólidos y líquidos (domésticos e industriales) hacia los cauces de los cursos de agua superficiales, ríos y lagunas	7	-1	2	3	3	3	3	2	-16
Afectación del suelo y flora debido a las instalaciones temporales	8	-1	2	1	1	1	1	1	-7

Impacto ambiental	Ítem	C	O	E	P	D	I	R	$\Sigma$
Riesgo de enfermedades respiratorias	9	-1	2	2	2	1	3	1	-11

*Fuente: Adaptación de Contreras et al. (2008)*

**Tabla 25.**

*Matriz para la priorización de impactos ambientales potenciales de la fase operación*

Impacto ambiental	Ítem	C	O	E	P	D	I	R	$\Sigma$
Riesgo de seguridad vial, debido a la posible ocurrencia de accidentes	1	-1	3	2	2	3	2	1	-13
Posible interrupción al tránsito vehicular, motivado a deslizamientos y derrumbes a lo largo del emplazamiento de la carretera	2	-1	2	2	1	1	2	1	-9
Posible expansión urbana no planificada, producto del crecimiento urbano irregular en las zonas adyacentes a la vía	3	-1	3	2	2	2	3	1	-13

*Fuente: Adaptación de Contreras et al. (2008)*

Luego se procedió a determinar si un determinado impacto ambiental afectaba a uno o más componentes ambientales. Se construyó una matriz basada en la agrupación de los FARI donde se colocaron los componentes ambientales agrupándolos según el medio (abiótico, biótico y/o antrópico) en la primera columna y luego criterios asociados a los impactos ambientales identificados con el número de ítem mostrado previamente en las tablas 24 y

Posteriormente, se empleó una escala de lógica binaria 0 (No) y 1 (Si) para indicar si existía afectación o no.

A continuación, se muestran las tablas 26 y 27 describiendo el resultado.

**Tabla 26.**

*Matriz para la determinación afectación de impactos ambientales potenciales sobre componentes ambientales. Fase construcción*

<b>Sistema</b>	<b>Componente o dimensión</b>	<b>Ítem 1</b>	<b>Ítem 2</b>	<b>Ítem 3</b>	<b>Ítem 4</b>	<b>Ítem 5</b>	<b>Ítem 6</b>	<b>Ítem 7</b>	<b>Ítem 8</b>	<b>Ítem 9</b>
Físico o abiótico	Clima (aire)	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Suelos	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Hidrología (agua)	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	Paisaje	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Biótico	Flora	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Fauna	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso de tierras	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Antrópico	Socioeconómico	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cultural y recreativo	1	1	0	1	1	1	0	0	0

**Tabla 27.**

*Matriz para la determinación afectación de impactos ambientales potenciales sobre componentes ambientales. Fase Construcción*

<b>Sistema</b>	<b>Componente o dimensión</b>	<b>Ítem 1</b>	<b>Ítem 2</b>	<b>Ítem 3</b>
	Clima (aire)	0	0	0
Físico o abiótico	Suelos	0	1	0
	Hidrología (agua)	0	0	0
	Paisaje	0	1	1
Biótico	Flora	0	1	0
Biótico	Fauna	0	0	0
	Uso de tierras	0	0	0
Antrópico	Socioeconómico	1	1	1
	Cultural y recreativo	1	1	1

Una vez determinado que factor ambiental se veía afectado por un potencial impacto ambiental en particular, se construyeron las tablas 28 y 29 combinando los resultados obtenidos en las tablas 24, 25, 26 y 27 teniendo como resultado los datos mostrados a continuación.

**Tabla 28.**

*Resultado del análisis multicriterio de la fase Operación*

<b>Sistema</b>	<b>Componente o dimensión</b>	<b>Ítem 1</b>	<b>Ítem 2</b>	<b>Ítem 3</b>	<b>Ítem 4</b>	<b>Ítem 5</b>	<b>Ítem 6</b>	<b>Ítem 7</b>	<b>Ítem 8</b>	<b>Ítem 9</b>
Físico o abiótico	Clima (aire)	0	0	-13	-14	0	0	0	0	0
	Suelos	0	-9	0	-14	0	-10	0	-7	0
	Hidrología (agua)	0	0	0	-14	0	0	-16	0	0
	Paisaje	0	-9	-13	-14	0	-10	-16	-7	0
Biótico	Flora	0	-9	0	-14	0	-10	0	-7	0
	Fauna	-13	0	0	0	0	0	0	0	0
Antrópico	Uso de tierras	0	0	0	-14	0	-10	0	-7	0
	Socioeconómico	-13	-9	-13	-14	-10	-10	-16	-7	-11
	Cultural y recreativo	-13	-9	0	-14	-10	-10	0	0	0

**Tabla 29.**

*Resultado del análisis multicriterio de la fase operación*

<b>Sistema</b>	<b>Componente o dimensión</b>	<b>Ítem 1</b>	<b>Ítem 2</b>	<b>Ítem 3</b>
Físico o abiótico	Clima (aire)	0	0	0
	Suelos	0	-9	0
	Hidrología (agua)	0	0	0
	Paisaje	0	-9	-13

Sistema	Componente o dimensión	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Biótico	Flora	0	-9	0
	Fauna	0	0	0
	Uso de tierras	0	0	0
Antrópico	Socioeconómico	-13	-9	-13
	Cultural y recreativo	-13	-9	-13

Para las valoraciones resultantes de la matriz Multicriterio se consideraron solo aquellos perjudiciales para el medio ambiente, y se establecieron las siguientes reglas de medición:

**Tabla 30:**

*Interpretación de impactos ambientales*

Grado del impacto	Carácter del impacto	Intervalo
Severo		>-15
Moderado	Negativo / -1	-15>-9
Compatible		<-9

*Fuente: Adaptación de Espinoza (2006)*

Como resultado se obtuvo

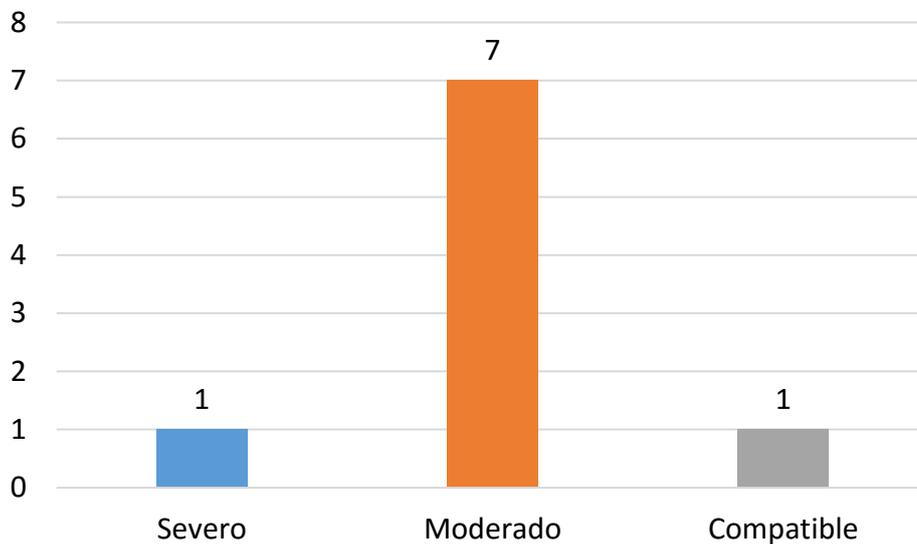


Figura 16. Interpretación de impactos ambientales fase construcción.

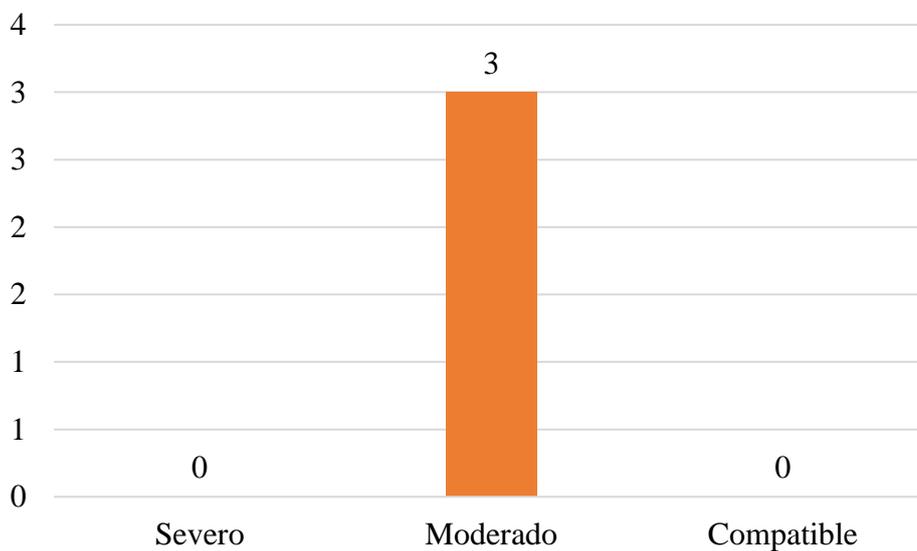


Figura 17. Interpretación de impactos ambientales fase operación.

Específicamente en cuanto a los posibles impactos ambientales que afectaban en particular a un factor ambiental determinado, se obtuvo la siguiente valoración

Eficiencia del método de la matriz de Leopold y el método Multicriterio en la evaluación del impacto ambiental en la carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018

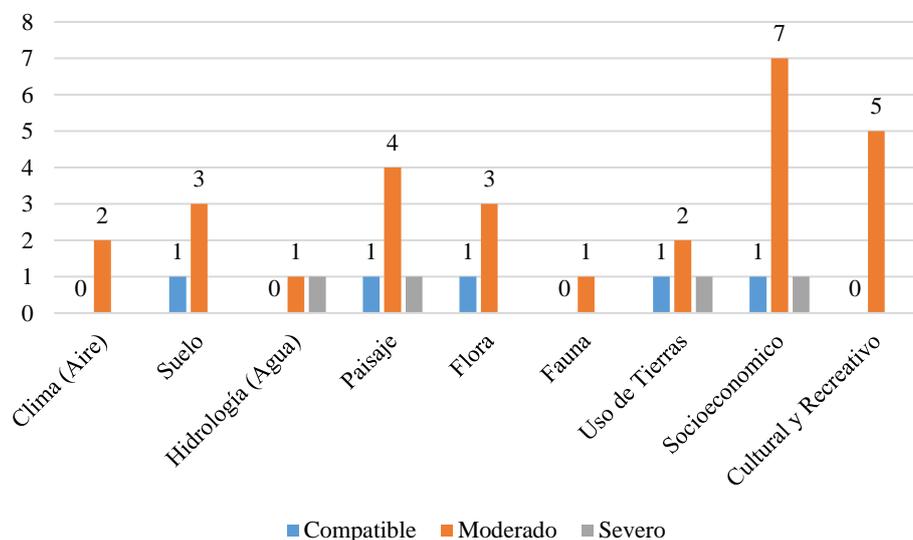


Figura 18. Interpretación de resultados de análisis multicriterio fase construcción.

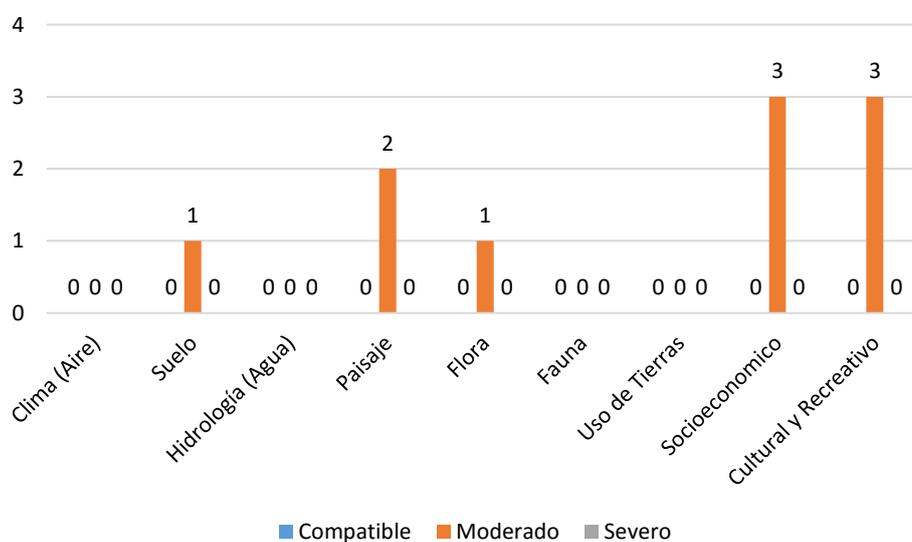


Figura 19. Interpretación de resultados de análisis multicriterio fase operación.

Como resultado de la aplicación de esta matriz, es posible identificar claramente cuál de los impactos ambientales potenciales para ambas fases representa mayores riesgos para la integridad del medio ambiente en todas sus dimensiones (abiótico, biótico y antrópico),

ofreciendo herramientas para la toma de decisiones en materia de prevención, mitigación y control de afectaciones ambientales negativas.

### 3.5. Comparación de métodos de EIA

Una vez desarrolladas por completo las EIA matriz Leopold y evaluación Multicriterio se procedió a realizar un análisis comparativo aplicando el proceso de analítico jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) para determinar cuál de los métodos empleados ofrece mejores resultados. A continuación, se muestra la tabla:

**Tabla 31:**

*Determinación de peso de elementos de comparación (vector de prioridad)*

	Factores Ambientales	Perspectiva	Valoración	Subjetividad	Utilidad	Complejidad	$\Sigma$	Peso
Factores Ambientales	1	5	5	3	3	5	17	<b>0,25</b>
Perspectiva	1/5	1	1/3	1/5	1/3	5	7,07	<b>0,10</b>
Valoración	1/5	3	1	1/3	1/3	5	9,87	<b>0,15</b>
Subjetividad	1/3	5	3	1	5	5	19,33	<b>0,29</b>
Utilidad	1/3	3	3	1/5	1	5	12,53	<b>0,18</b>
Complejidad	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	2	<b>0,03</b>

**Tabla 32:**

*Resultados Comparación de métodos de EIA*

Elemento de comparación	Peso normalizado	Puntaje		Puntaje normalizado	
		Matriz Leopold	Matriz Multicriterio	Matriz Leopold	Matriz Multicriterio
Factores ambientales	0,25	3	2	0,75	0,5
Perspectiva	0,10	2	2	0,2	0,2
Valoración	0,15	1	3	0,15	0,45
Subjetividad	0,29	1	1	0,29	0,29
Utilidad	0,18	2	3	0,36	0,54
Complejidad	0,03	3	2	0,09	0,06
<b>Total</b>				<b>1,84</b>	<b>2,04</b>

### 3.6. Estrategias de mitigación de impactos ambientales negativos

Las estrategias, planes y sugerencias para controlar las afectaciones ambientales negativas que fueron proyectadas en la EIA abarcan tanto la fase de construcción como la fase de operación, haciendo especial énfasis en la fase de construcción que según los resultados de la matriz Leopold es la que presentará escenarios de impacto ambiental significativos y perjudiciales para el entorno que será influenciado por el proyecto.

En este sentido se sugieren las siguientes acciones para la mitigación de la afectación negativa ambiental:

### 3.6.1. Fase construcción

- Programar los trabajos de la obra de tal que, se evite afectar el tránsito vehicular a lo largo del emplazamiento de la carretera. Se recomienda buscar vías alternas y coordinar con la policía de carreteras para el control del tránsito en la zona de trabajo.
- Colocar avisos y señales de interrupción y desvío de tráfico, tanto en el día como en la noche. Igualmente, instalar señales preventivas e informativas en la zona de trabajo, principalmente en los tramos de cruce a Granja Porcón, las que presentan una mayor densidad poblacional.
- Disponer de un camión cisterna de agua permanente en la obra, para realizar riegos periódicos en las áreas intervenidas y evitar controlar la emisión de polvo.
- Humedecer la superficie de los materiales de construcción durante el transporte y luego se cubrirá con un toldo húmedo para evitar que por efecto de la acción de los vientos este material sea transportado.
- Facilitar a cada personal de obra, durante las operaciones propias que ocasionen el levantamiento de polvo, el equipo necesario de protección contra la emisión de partículas de material.
- Proveer al personal de la obra con el equipo necesario de protección contra la contaminación sonora.

- En las zonas destinadas para depósitos de materiales excedentes se recomienda retirar y guardar la capa superficial con materia orgánica conjuntamente con la vegetación silvestre existente para su posterior utilización en la restauración del área intervenida.
- Los taludes de relleno en los depósitos de materiales excedentes, cumplirán con las recomendaciones de las normas de diseño, necesarias para alcanzar su estabilidad.
- El entorno ambiental y el paisaje de la zona no deben ser alteradas por los depósitos de materiales excedentes de obra.
- Prohibir arrojar el material excedente de obra sobre las laderas, quebradas y curso de agua.
- Utilizar materiales de préstamo extraídos de las canteras previamente establecidas en el estudio de ingeniería.
- Previa a la extracción de los materiales, se procederá al estacado de los límites de las diferentes canteras.
- La explotación en el cauce del río, no se realizarán en grandes profundidades, a fin de alcanzar en el momento de la recomposición del área utilizada, una pendiente de descenso continua. Se utilizarán las playas más anchas en toda su extensión.
- El material superficial removido de una zona de préstamo, debe ser almacenado para ser reutilizado posteriormente en el nivelado del área.
- Evitar los derrames de aceites, lubricantes y combustibles durante la utilización de los equipos mecánicos (retroexcavadoras y volquetes) para la extracción de los materiales en lechos aluviales.

- No se utilizarán sustancias químicas que puedan alterar la calidad de las aguas y afectar la vida de las personas, fauna y flora que utilizan este recurso hídrico aguas abajo de esta zona.
- Las zonas destinadas al almacenamiento de los materiales extraídos del lecho, se ubicarán en zonas desprotegidas de cobertura vegetal y retiradas de los cuerpos de agua.
- Señalizar todas las canteras para evitar el ingreso de personas ajenas a la explotación de las mismas.
- Dotar de señales sonoras y de alerta a las maquinarias de carga y transporte para las acciones de retroceso.
- Respetar los límites de las áreas a ser utilizadas en los campamentos, patios de maquinarias, canteras, depósitos de materiales excedentes, caminos de acceso y ampliaciones de la vía, a fin de evitar la eliminación de la vegetación silvestre en exceso en áreas donde no se incluye construcción.
- Indicar a los operadores de las maquinarias que, durante las actividades de limpieza de los terrenos y las excavaciones, se evite realizar los trabajos fuera de los límites establecidos.
- Prohibir a todo el personal de obra que no arroje residuos sólidos y líquidos domésticos, sustancias derivados del mantenimiento de los vehículos, maquinarias y equipos de construcción, residuos de la operación de la planta de asfalto y uso del asfalto y otros componentes contaminantes, hacia los cauces de los cursos de agua superficiales, ríos y lagunas.

- Considerar el cumplimiento de las normas de diseño, sanitarias y ambientales para la instalación de los campamentos y patio de maquinarias, a fin de evitar los probables impactos ambientales que se puedan generar.
- Los campamentos serán equipados con las instalaciones de agua y desagüe, limpieza y alumbrado, a fin de disponer del mejor confort habitable, de tal manera, que el campamento le asegure al trabajador todas las condiciones de alojamiento y descanso.
- De ninguna manera se permitirá el vertimiento directo de aguas servidas hacia los cuerpos de agua cercanas.
- Para la disposición de excretas se construirán pozos sépticos (silos artesanales) en lugares seleccionados y autorizados por el Ing. Responsable cuidando una imagen ambiental, que no afecten a los cuerpos de agua. Su construcción incluirá la impermeabilización de las paredes laterales y su fondo o base, las mismas que se efectuarán usando membranas impermeabilizantes, cemento y/o mezcla bituminosa.
- Finalizada la construcción de las obras, las instalaciones de los campamentos temporales serán demolidas, desmanteladas y dispuestas adecuadamente en áreas de disposición, que previamente serán seleccionadas como tales.
- En el patio de maquinarias se instalarán sistemas de manejo y disposición de grasas, aceites, lubricantes y restos de combustibles. Estos residuos se almacenarán en recipientes herméticos, disponiéndose en sitios adecuados para su posterior eliminación y/o reutilización en hornos industriales.

- El abastecimiento de combustible, se efectuará evitando los derrames hacia los suelos y a los cursos de aguas naturales, asimismo, se evitará que el lavado de vehículos, se realice sobre el cauce de los ríos.
- El sistema de silenciadores de la maquinaria estará en buen estado de funcionamiento; de tal forma, que se disminuyan los ruidos fuertes y molestos.
- Garantizar que los equipos mecánicos y en general la maquinaria estarán en buen estado mecánico y de carburación, quemando el mínimo de combustible para disminuir las emisiones de monóxido de carbono y óxido nitroso hacia la atmósfera.

### **3.6.2. Fase operación**

- Para evitar que el riesgo de atropellamiento de personas y animales domésticos se incremente a lo largo del emplazamiento de la carretera, se colocarán las respectivas señalizaciones de carácter preventivo y normativo en cuanto a velocidades permisibles, a fin de que los vehículos disminuyan su velocidad en estos cruces.
- Se recomienda vigilancia permanente de las zonas potencialmente vulnerables a deslizamientos y derrumbes a lo largo del emplazamiento de la carretera, principalmente en los periodos de altas precipitaciones (enero a marzo), a fin de evitar la interrupción del tránsito vehicular y probables pérdidas humanas.
- El crecimiento urbano de los poblados que se desarrollan adyacentes a la carretera, serán controlados y regulados por los gobiernos locales de los distritos respectivos, a fin de evitar la invasión del derecho de vía de la carretera.

### **3.7. Contratación de la hipótesis**

El Método Multicriterio según los resultados obtenidos es más eficiente que la Matriz de Leopold en un 10% para evaluar el Impacto Ambiental en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-1NF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018. Debido a que cumple con mayor objetividad el análisis de evaluación, por lo tanto se acepta la hipótesis propuesta.

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Acorde con el resultado obtenido de la comparación, la matriz Leopold obtuvo una valoración de 1,84 puntos versus los 2,04 puntos obtenidos por la evaluación multicriterio, resultando que el método de análisis multicriterio es más eficiente y ofrece resultados más útiles para la determinación de estrategias de control, prevención y mitigación.

Realizando una revisión punto por punto tenemos que:

- La matriz Leopold en cuanto a los factores ambientales posee un extenso catálogo de opciones establecidas en relación al método multicriterio.
- Con respecto a la perspectiva, ambas matrices consideraran suficientes elementos de evaluación siendo equivalentes en este sentido.
- En cuanto a la valoración, dentro del método multicriterio se obtiene el valor del impacto el cual puede ser traducido a su magnitud como desde no generar impacto hasta representar una afectación ambiental significativa. Por su parte la matriz Leopold solo indica si el impacto es negativo o positivo sin indicar su influencia en el ambiente, y requiere de un mayor análisis para determinar su valoración.
- La Matriz de Leopold es considerada como cualitativo mientras que el método Multicriterio es más cuantitativo, ambos métodos su valoración dependerá del grupo evaluador siendo iguales en este apartado.
- Aunque ambos métodos son útiles para determinar impactos ambientales, el método multicriterio ofrece mayor utilidad debido a que permite valorar la importancia de cada impacto según criterios preestablecidos, con lo cual se puede conocer con certeza cual impacto ambiental es verdaderamente necesario de ser atendido y permite jerarquizar

- las acciones a tomar para controlar, prevenir y mitigar las afectaciones negativas al ambiente.
- Por su parte ambos métodos son de fácil empleo, sin embargo, la matriz Leopold es más amigable al usuario y más sencilla de emplear por personas que no sean expertas en materia ambiental.
- Tal como se puede observar luego del desarrollo de ambos métodos y de la valoración mostrada en las tablas 30 y 31, el método multicriterio es más completo para el análisis de impactos ambientales. Sin embargo, la diferencia entre la evaluación de ambos métodos fue de un punto (10%). En este sentido, tal como expresa Espinoza (2002) cada método ofrecerá beneficios y desventajas ante alguna situación particular, haciendo importante el poder reconocer y analizar cual método emplear ante cada requerimiento individual.
- Más aún, los resultados sugieren que ambos métodos se complementan abordando las indefiniciones del otro, y que la combinación de ambos ofrece información de mayor calidad para los responsables de tomar decisiones que sirva para mitigar, prevenir y controlar afectaciones ambientales positivas, al tiempo que se impulsan los impactos ambientales positivos.

Esta idea se ve reforzada por lo señalado por Borderías y Muguruza (2014), expresando que la variedad y clases de actividades que intervienen en una Evaluación de Impactos Ambientales no pueden ser satisfechas por ningún método por sí solo. Por esta razón, la adecuada selección del o los métodos de EIA marcará la diferencia en

los resultados obtenidos, así como en las posteriores medidas a adoptar para evitar y/o controlar las afectaciones ambientales negativas.

- Los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación ciertamente demuestran como asegura, Conesa, (1997), que las EIA son herramientas fundamentales para anticipar “identificar, y valorar las consecuencias ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y el entorno” (p. 23), y su adecuada implementación traerá además de grandes beneficios ecológicos, menores costos de los proyectos al mediano y largo plazo (Sadar, 1996).

En este sentido, el diseño de un plan estructurado para la evaluación de impacto ambiental es primordial para su éxito. Así, el empleo de una metodología que busque en primer lugar caracterizar todo lo referente al proyecto y ambiente, así como, determinar tanto las acciones susceptibles de impacto (ASPI) y los factores ambientales representativos de impacto (FARI), permitirá a los responsables de realizar las evaluaciones ambientales entender con precisión el contexto en el cual se ejecutará el proyecto y donde se presentarán los posibles impactos ambientales.

La información recaudada sirve de entrada para las Evaluaciones de Impactos Ambientales, aplicable tanto para la Matriz de Leopold como el Método Multicriterio. Ambos métodos abordan de una manera amplia los factores ambientales considerando los sistemas tanto abióticos, bióticos como antrópicos. Estos estudios, son

indispensables para el desarrollo de planes de mitigación, ya que, “son predictivos y están apoyados en información científica” (Espinoza, 2002).

Las fases definidas fueron planificación, construcción y operación. En cuanto a la primera etapa mencionada, no se anticipa impacto alguno hacia el entorno. Luego, la fase construcción proyecta la generación de un impacto ambiental alto de carácter negativo (-68,50 catalogándolo como impacto alto según MINAM D.S.-052-2012), debido a que las ASPI de esta etapa afectaran significativamente al medio abiótico y biótico (flora), y de una manera moderada negativa, a las dimensiones biótica (fauna) y antrópica.

- Por su parte, durante la fase de operación se espera de un impacto positivo alto hacia el entorno (74,21 catalogándolo como impacto alto según MINAM D.S.-052-2012), moderado en los sistema bióticos y abióticos, y significativo en cuanto a la dimensión antrópica. Cabe resaltar que, los impactos ambientales son inversamente proporcionales para las fases de construcción y operación, siendo perjudicial en el primer caso y beneficioso en el segundo.
- Sin embargo, esta información identificada y analizada oportunamente sirvió para elaborar estrategias para la mitigación y/o eliminación de la afectación negativas hacia el entorno por parte del proyecto “Mejoramiento de la Carretera Granja Porcón Tramo EMP PE.-1NF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto, Provincia de Cajamarca – Cajamarca”, para evitar el “empeoramiento de las condiciones ambientales que

conduce al deterioro de la base de recursos naturales del país” (Sadar, 1996), e impulsar el mejoramiento de la vía que según los datos obtenidos tanto el método de Leopold como en el Multicriterio resultaran en un importante beneficio ambiental,

específicamente, en la dimensión social una vez sea puesta en servicio la vía sin significar una degradación del ambiente.

#### 4.2. Conclusiones

- ✓ Se concluye que la hipótesis planteada se cumple, determinando que en las valoraciones y comparaciones respectivas el Método Multicriterio es más eficiente en un 10% que la Matriz de Leopold para evaluar el Impacto Ambiental en la construcción de la Carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto)), Cajamarca 2018.
- ✓ Al caracterizar el proyecto insitu se identifica plenamente las ASPI y las FARI sobre las distintas fases del Proyecto que este contendrá en la ejecución del proyecto de Carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja Porcón, C.P. Porcón Alto)), Cajamarca 2018.
- ✓ Al utilizar ambas matrices de estudio (Multicriterio y Leopold) en la evaluación de la carretera Granja Porcón (Tramo EMP- PE. – 1NF-Granja

Porcón, C.P. Porcón Alto), Cajamarca 2018, se concluye que los resultados obtenidos por ambos métodos proyectan más impactos negativos en la etapa de construcción en particular, sobre elementos del medio físico y biótico: suelos, vegetación y paisaje. Para el cual es necesario presentar un plan de mitigación que minimice la acción impactante de esta actividad, en la fase de diseño, al tratar de evitar la incidencia del trazado sobre aquellos parajes de mayor calidad ecológica y por otro lado los impactos positivos se ven reflejados en la etapa de operación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda, J. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I., . . . Ramos, K. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. . *Revista EIA*, 45-57 .
- BID. (2002). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Chile: BID.
- Borderías, M., & Muguruza, C. (2014). *Evaluación Ambiental*. España: UNED.
- Canter, L. (1998). *Manual de la evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la evaluación de estudios de impacto*. McGraw Hill.
- Conesa, V. (1997). *Los instrumentos de gestión ambiental en la empresa*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Duarte, L., Robles, J., González, P., & Ortega, R. (2013). La utilización de la Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental en plantas de beneficio de carbón mineral en la zona centro de estado de Sonora. *Sexto Coloquio de Doctorado*, 1-12.
- Espinoza, G. (2002). *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Santiago de Chile: BID-CED.
- Espinoza, G. (2006). *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Santiago de Chile: BID-CED.

- Forman, M., & Alexander, L. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 207-231.
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2010). *Estrategia regional de biodiversidad de Cajamarca al 2021. Experiencia participativa para la sostenibilidad de la region*. Lima.
- Gomez, D. (2007). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Huaripata, D. (2013). *Estudio de la calidad de sitio para pinus radiata D. Don. en las plantaciones de Granja Porcón Cajamarca*. Cajamarca.
- ISO. (2015). *14001: Sistema de gestion del medio ambiente*.
- J., O., & J., O. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones Multicriterio. Ejemplo de Aplicación. *Scientia et Technica*, 247-252.
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. *Geological Survey Circular* .
- MINAGRI. (11 de Diciembre de 2018). *Ministerio de Agricultura y Riego*. Obtenido de <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificacion>
- Monzón, A., & Otero, I. (1999). *Impacto ambiental de carreteras : evaluación y restauración*. Madrid: Asociación Española de la Carretera.
- Noss, R. (2002). *The ecological effects of roads*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de eco-action: <http://www.eco-action.org/dt/roads.html>
- Núñez, H. (5 de noviembre de 2016). *EL Buho*. Obtenido de Estado actual de la gestión ambiental en el Perú: <https://elbuho.pe/2016/11/estado-actual-la-gestion-ambiental-peru/>

- Otero, I., Cañas, P., Esparcia, M., Navarra, M., Martin, & Ortega. (2006). La carretera como elemento de valor paisajístico y medioambiental. Captación del valor del paisaje a través de la carretera. *Informes de la Construcción Vol. 58, 504*, 39-54.
- Raico, E. (2015). Lógicas de ocupación en la estructura espacial de cooperativas rurales: Granja Porcón, Cajamarca. *Investga Territorio*(1), 15-27.
- Sadar, H. (1996). *Evaluación de impacto ambiental*. Ottawa.
- Sanchez-Vega, I., & Dillon, M. (2006). Jalcas. En *Botánica económica de los andes centrales* (págs. 81-94). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- SEIA. (s.f.). *Sistema nacional de evaluación de impacto ambiental*. Obtenido de [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)
- SERFOR. (2016). *Memoria descriptiva manual de ecozonas inventario nacional forestal y de fauna silvestre (INFFS) – Perú*. Lima.

## ANEXOS

### Anexo 1. Memoria fotográfica.



Foto N°1 Estación Total en posición



Foto N°2 Inicio de carretera Granja Porcón progresiva 0+000.00



Foto N°3 Eje de carretera Granja Porcón



Foto N° 4 Vista carretera



Foto N°5 Desniveles



Foto N°6 Curvas



Foto N°7 área para botadero.

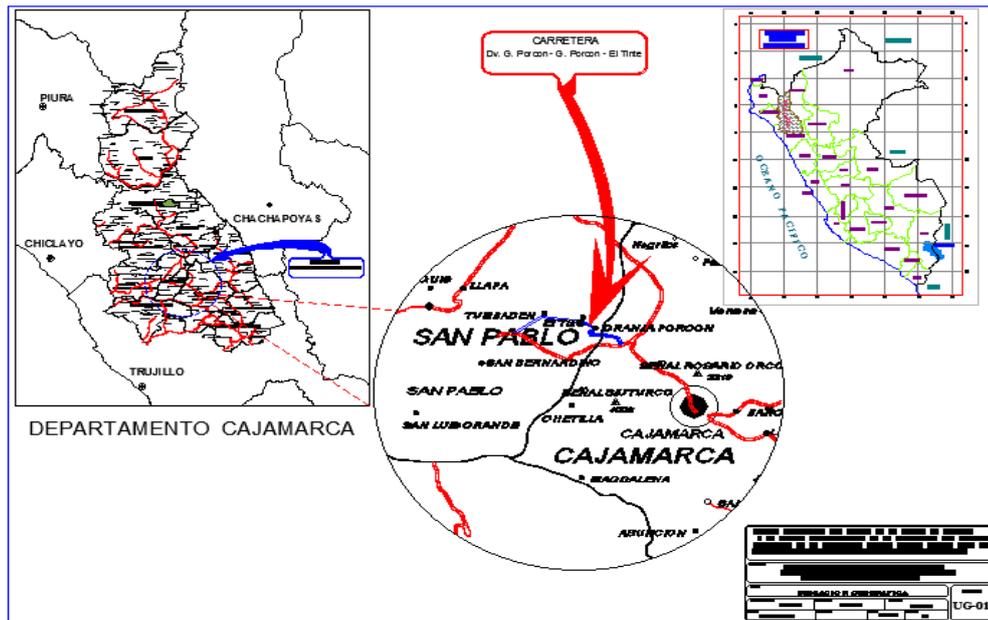


Foto N° 8 Área para botadero

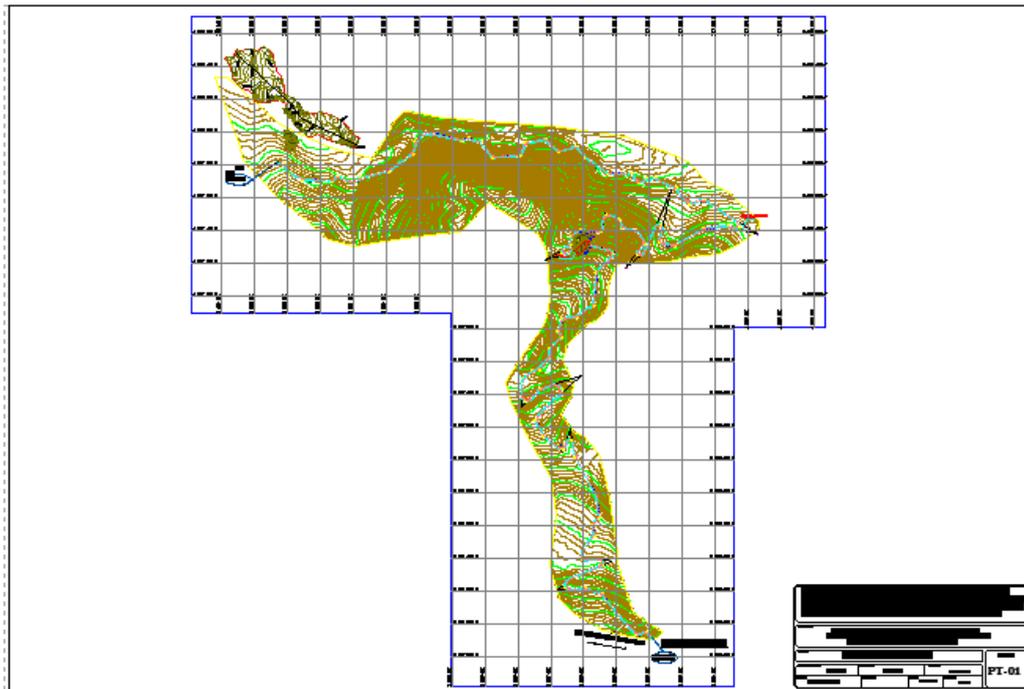


Foto N° 11 progresiva 9+096.00 final de carretera

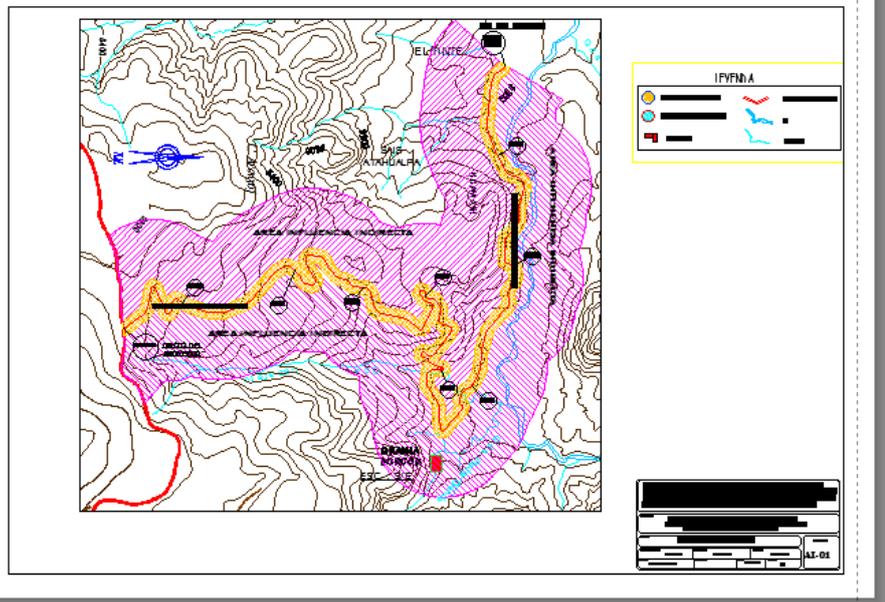
## Anexo 2. Plano Ubicación



### Anexo 3. Plano Topográfico

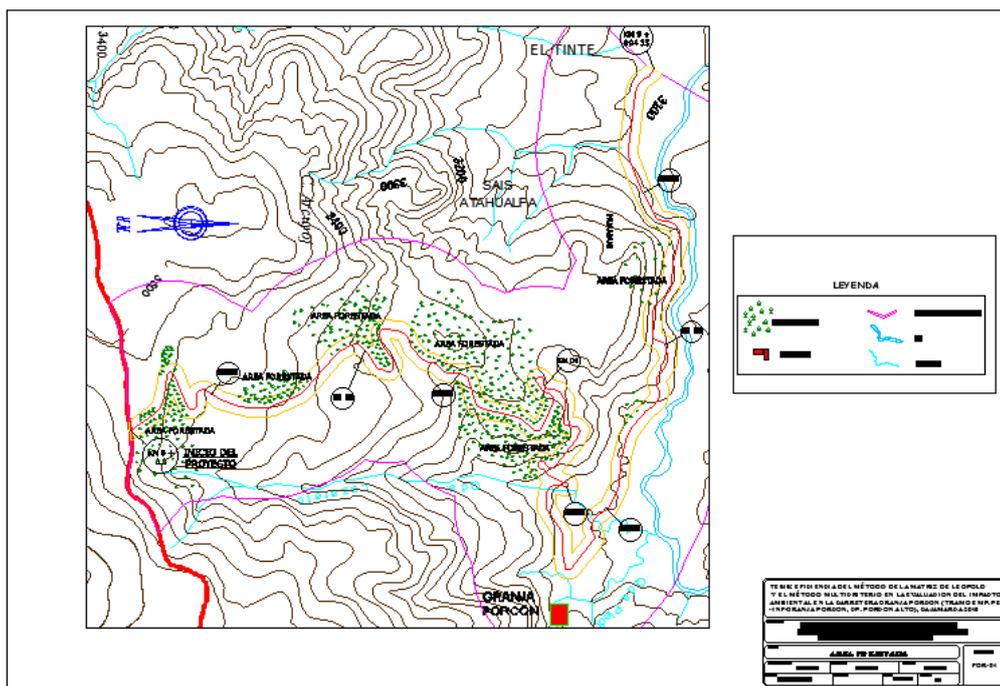


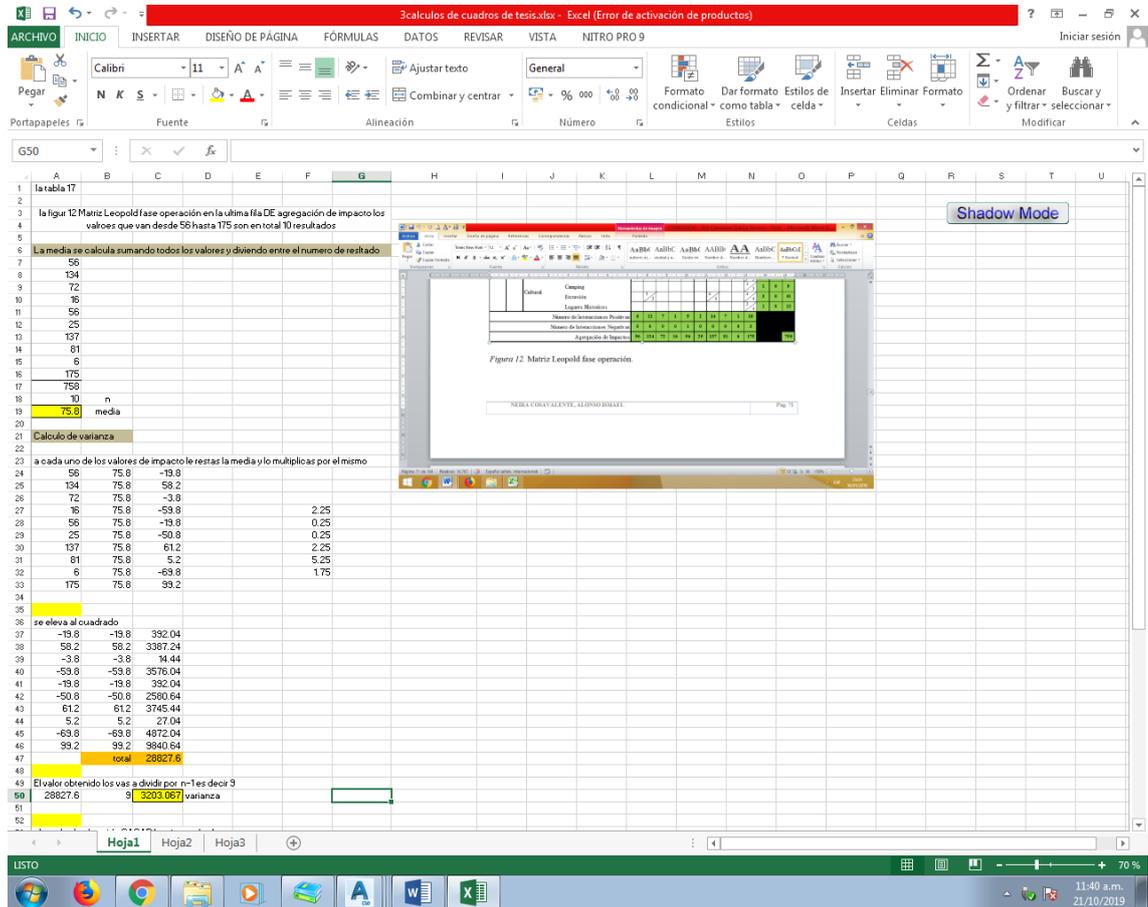
#### Anexo 4. Plano de Área de Influencia.



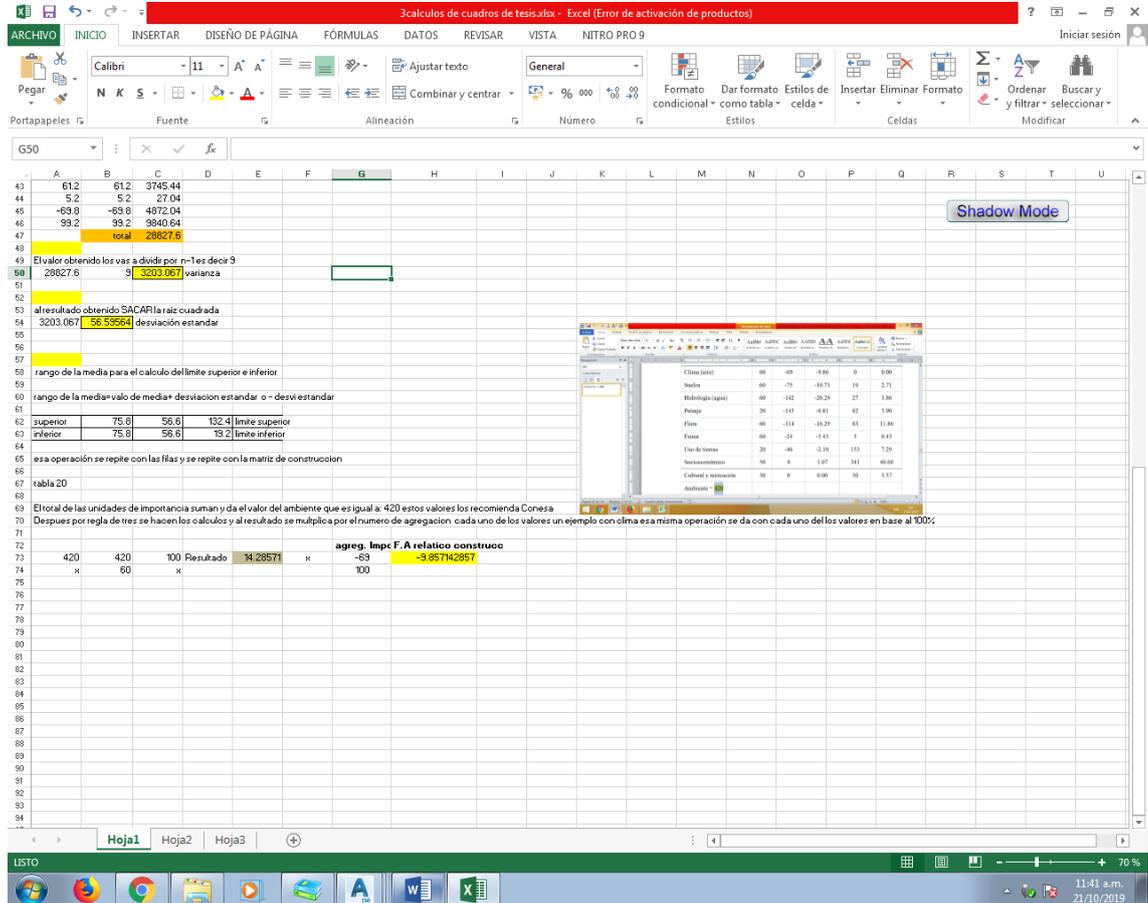


### Anexo 6. Plano de Reforestación.





Eficiencia del método de la matriz de Leopold y el método Multicriterio en la evaluación del impacto ambiental en la carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-INF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018



3 calculos de cuadros de tesis.xlsx - Excel (Error de activación de productos)

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA NITRO PRO 9

Calibrí 11 Ajustar texto General

Formato Dar formato Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Celdas

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

Shadow Mode

El valor obtenido los vas a dividir por n-1 es decir 9  
 28827.6 9 3203.067 varianza

al resultado obtenido SACAR la raíz cuadrada  
 3203.067 56.53564 desviación estandar

rango de la media para el calculo del límite superior e inferior

rango de la media valo de media desviación estandar

superior	75.8	56.6	132.4	límite superior
inferior	75.8	56.6	19.2	límite inferior

esa operación se repite con las filas y se repite con la matriz de construcco

tabla 20

El total de las unidades de importancia suman y da el valor del ambiente que es igual a: 420 estos valores lo recomienda Conesa  
 Después por regla de tres se hacen los cálculos y al resultado se multiplica por el número de agregación cada uno de los valores un ejemplo con clima esa misma operación se da con cada uno de los valores en base al 100%:

agreg. Imp. F. A relativo construcco				
420	420	100	Resultado	14.28571
x	60	x		-69
				100
				-3.857142857

Hoja1 Hoja2 Hoja3

LISTO

Matriz de Leopold para la identificación de Impactos Ambientales

EFICIENCIA DEL MÉTODO DE LA MATRIZ DE LEOPOLD Y EL MÉTODO MULTICRITERIO EN LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA CARRETERA GRANJA PORCON (TRAMO EMP. PE.-INF-GRANJA PORCON, CP. PORCON ALTO), CAJAMARCA 2018

Etapa de Operación

FACTORES AMBIENTALES	ACCIONES ANTRÓPICAS	ETAPAS DE OPERACIÓN																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
CONDICIONES BIÓLOGICAS	TIERRA	MATERIALES DE CONSTRUCCION																	
		SUELOS																	
		GEOMORFOLOGIA																	
		SUPERFICIALES																	
		SUBTERRAÑAS																	
		SALINIDAD																	
	AGUA	CALIDAD DE AGUA																	
		CUBIERTA																	
		TEMPERATURA																	
		INUNDACIONES																	
		EDUCION																	
		SEDES DE OPERACIONES																	
FLORA	CONDICIONES BIÓLOGICAS																		
	CONDICIONES BIÓLOGICAS																		
	CONDICIONES BIÓLOGICAS																		
	CONDICIONES BIÓLOGICAS																		
	CONDICIONES BIÓLOGICAS																		
	CONDICIONES BIÓLOGICAS																		

RANGO DE VALORACION

IMPORTANCIA	VALOR
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA					
37	COMPONENTES AMBIENTALES	FACTORES CULTURALES Y SOCIOECONOMICAS	USO DE TIERRAS	PASTOS					4	3																						
38				AGRICULTURA		4	3	3	4									3	3	4	2					3	4					
39				RESIDENCIAL		4	4																				4	4				
40				COMERCIAL		3	4												3	4							4	4				
41				INDUSTRIAL																3	4						4	4				
42				CANTERAS																												
43			RECREACION Y TURISMO	CAZA																									-4	3		
44				PESCA																												
45				CAMPING																									3	3		
46				ENCURSION						3	3										4	4							4	4		
47				ZONA DE RECREO																												
48				VISTA PANORAMICA						2	4					4	4						3	4				3	4			
49			PAISAJES												2	3						4	3				3	3				
50			ESTILOS, INTERES HUMANO Y NIVEL CULTURAL	CUALIDADES DE ESPACIOS ABIERTOS																												
51				DESARMONIAS																												
52				ESTILOS DE VIDA						3	3																		3	3		
53				LUGARES HISTORICOS ARQUEOLOGICOS																										3	4	
54				EMPLEO																										3	3	
55				INDUSTRIA Y COMERCIO						4	3																			4	4	
56			ASPECTOS SOCIOECONOMICOS	AGRICULTURA Y GANADERIA						3	4	3	3																3	4		
57				REVALORACION DE TERRENO						3	3	3	3	3															2	3		
58				NIVEL DE VIDA																										2	3	
59				SALUD Y SEGURIDAD						1	1	3	3			4	4	3	4										2	1	1	
60				DENSIDAD DE POBLACION																												
61				SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	ESTRUCTURAS Y POSTES ELECTRICOS																											
62			RED DE TRANSPORTES							4	4	4	4	3	4														3	3	4	
63			RED DE SERVICIOS Y CANALES DE RIEGO								4	3																		3	3	
64			ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS																											4	4	-3
65			BARRERAS																													
66			RELACIONES ECOLOGICAS	VECTORES ENFEM. INSECTO																												
67				INVASION DE MALEZA																												
68				CADENAS ALIMENTICIAS																												
69				OTROS																												
70			<b>MAGNITUD (M):</b> Es la alteración provocada en el factor ambiental y su procedencia de la misma + o - (impacto paritivar, - impacto negativo) y su rango																													
71			<b>IMPORTANCIA (I):</b> Es el valor relativo que el factor ambiental capta dentro del contexto y fluctúa de 1 a 5																													
72																																
73																																
74																																

Página 2





**Cuadro 2**  
**Matriz de Leopold para la Identificación de Impactos Ambientales**  
**Eta de Construcción**

EFICIENCIA DEL MÉTODO DE LA MATRIZ DE LEOPOLD Y EL MÉTODO MULTICRITERIO EN LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA CARRETERA GRANJA PORCON (TRAMO EMP. PE.-1NF-GRANJA PORCON, CP. PORCON ALTO), CAJAMARCA 2018

		FASE DE CONSTRUCCION																RANGO DE VALORACION	
		ACCIONES ANTROPICAS																	
FACTORES AMBIENTALES		GENERACION DE EMPLEO TEMPORAL	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS PESADAS	TRANSPORTE DE MATERIALES	APERTURA Y USOS DE CAMINOS DE ACCESO	VAGIADO Y COMPACTACION DE LA CARPETA	MEJORAMIENTO VIO CONSTRUCCION DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	INSTALACION Y OPERACION DE LA PLANTA	REMOCCION Y MOVIMIENTO DE TIERRA	PLANTA ASFALTICA	ABERTURA DE AREA PARA DISPOSICION DE RESIDUOS	MEJORAMIENTO DE PUENTES	DISPOSICION DEFINITIVA DE MATERIALES	EXPLOTACION Y MANEJO DE CANTERAS	UTILIZACION DE FUENTES DE AGUA	MAGNITUD	VALOR	
				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	TERRA	MATERIALES DE CONSTRUCCION															-4	4	
		SUELOS		-2	3														
		GEOMORFOLOGIA																	
		SUPERFICIALES		-1	2			-1	2	-3	4								
		SUBTERRANEAS																	
		CALIDAD																	
		ATMOSFERA	CALIDAD DE AIRE		-4	4	3	4											
		CLIMA	TEMPERATURA																
		PROCESOS	INUNDACIONES																
			EROSION				1	2											
		DEPOSICION (SEDIMENTACION)																	
		COMPACTACION Y ASIENTOS				2	3												
		INESTABILIDAD																	
		BOSQUES																	

		BARRERAS	ESPECIES EN PELIGRO	AGRICULTURA	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	CANTERAS	CAZA	PECUA	CAMPING	ECUACION	ZONA DE RECREO	VISTA PANORAMICA	PAISAJES	QUALIDADES DE ESPACIOS ABIERTOS	DESARMONIAS	ESTILOS DE VIDA	LUGARES HISTORICOS O ARQUEOLOGICOS	EMPLEO	INDUSTRIA Y COMERCIO	AGRICULTURA Y GANADERIA	REVALORACION DE TERRENO	NIVEL DE VIDA	SALUD Y SEGURIDAD	DENSIDAD DE POBLACION	ESTRUCTURAS Y POSTES ELECTRICOS	RED DE TRANSPORTES	RED DE SERVICIO Y CANALES DE RIEGO	ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS	BARRERAS	VECTORES EN FEM. INSECTO	INVASION DE MALEZA	CADENAS ALIMENTICIAS	OTROS				
COMPONENTES AMBIENTALES	USO DE TIERRAS																																						

Eficiencia del método de la matriz de Leopold y el método Multicriterio en la evaluación del impacto ambiental en la carretera Granja Porcón (Tramo EMP. PE.-1NF-Granja Porcón, CP. Porcón Alto), Cajamarca 2018

6.CUADRO AMBIENTAL (2).xlsx - Excel (Error de activación de productos)

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA NITRO PRO 9

Comic Sans MS - 7 - Ajustar texto - General - % 000 - 00 00 - Formato condicional - como tabla - Estilos de celda - Insertar Eliminar Formato - Celdas - Ordenar y filtrar - seleccionar - Buscar y filtrar - seleccionar - Modificar

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas

AAS

MATRIZ DE LEOPOLD DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTALES  
EFICIENCIA DEL MÉTODO DE LA MATRIZ DE LEOPOLD Y EL MÉTODO MULTICRITERIO EN LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA CARRETERA GRANJA PORCON (TRAMO EMP. PE.-1NF-GRANJA PORCON, CP. PORCON ALTO), CAJAMARCA 2018

Shadow Mode

FASE DE CONSTRUCCION

ACCIONES ATROPICAS		GENERACION DE EMPLEO TEMPORAL	MANEJO DE MAQUINARIAS PESADAS	TRANSPORTE DE MATERIALES	ABERTURA Y USOS DE CAMINOS DE ACCESO	VACIADO Y COMPACTACION DE LA CARRETERA	CONSTRUCCION DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	CAMBIO EN EL PATIO DE MAQUINARIAS	INSTALACION Y OPERACION DE LA PLANTA	REMOCION Y MOVIMIENTO DE TIERRA	PLANTA ASFALTICA	ABERTURA DE AREA PARA DISPOSICION DE MATERIALES	MEJORAMIENTO DE PUERTOS	MEJORA DEFINITIVA DE MAESTRANZAS	EROSION Y MANEJO DE CANTERAS	UTILIZACION DE FUERTES DE AGUA	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS	PROMEDIOS ARITMETICOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO DEL PROYECTO	GENERACION DE EMPLEO TEMPORAL	MANEJO DE MAQUINARIAS PESADAS	TRANSPORTE DE MATERIALES	ABERTURA Y USOS DE CAMINOS DE ACCESO		
CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	TIERRA	MATERIALES DE CONSTRUCCION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-36	-78	0	0	0	0	0	0	0	0	
		SUELOS	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	-25	-6	0	0	0	0	-3	-37	-78	0	0	0	0	0	0	0	0
		GEOMORFOLOGIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-23	-78	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGUA	SUPERFICIALES	0	-2	0	-12	-3	-4	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	-59	0	0	0	0	0	0	0	0
		SUBTERRANEAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		CALIDAD	-9	0	-2	0	-6	-9	-12	-6	-12	0	-9	0	0	0	0	10	-50	-149	0	0	0	0	0	0	0	0
	ATMOSFERA	CALIDAD DE AIRE	0	-6	-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	-63	-286	0	0	0	0	0	0	0	0
		CLIMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		TEMPERATURA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	PROCESOS	INUNDACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-3	-10	0	0	0	0	0	0	0	0
		EROSION	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-2	-10	0	0	0	0	0	0	0	0
		DEPOSICION (SEDIMENTACION)	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-7	-10	0	0	0	0	0	0	0	0
		COMPACTACION Y ASIENTOS	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-6	-10	0	0	0	0	0	0	0	0
		INESTABILIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-4	-10	0	0	0	0	0	0	0	0
	FLORA	BOSQUES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		ARBUSTOS Y HERBAS	0	0	0	0	-9	-16	-6	-9	-3	0	0	0	0	0	0	-7	-72	-114	0	0	0	0	0	0	0	0
		CULTIVOS	0	0	-9	-12	0	0	0	-12	0	0	0	0	0	0	0	-4	-42	-114	0	0	0	0	0	0	0	0
		ESPECIES EN PELIGRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		BARREERAS Y OBSTACULOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	PAJAROS (AVES)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-6	-138	0	0	0	0	0	0	0	0	

matriz leopold evaluacion ambiental

LISTO 11:44 a.m. 21/10/2019

