



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN FINANCIERA Y
AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN UTILIZANDO EL MODELO AHP
“ANALYTIC HIERARCHY PROCESS”**

**JUAN PABLO ORREGO CARDOZO
KEVIN ALEXANDER LEÓN URREGO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA
PEREIRA
2017**

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN FINANCIERA Y
AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN UTILIZANDO EL MODELO AHP
“ANALYTIC HIERARCHY PROCESS”**

**JUAN PABLO ORREGO CARDOZO
KEVIN ALEXANDER LEÓN URREGO**

**Proyecto de grado para optar al título de:
MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA**

**Director:
MSc. JAIME ANDRÉS RAMÍREZ ESPAÑA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA
PEREIRA
2017**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pereira, 01 de Marzo de 2017

AGRADECIMIENTOS

A la vida misma por darme retos,
Y a las personas que me ayudan a superarlos.

Juan Pablo Orrego Cardozo

A Dios, siempre de la mano de Dios,
Y a todos quienes estuvieron, están y estarán.

Kevin Alexander León Urrego

RESUMEN

En Colombia, las tomas de decisiones para la ejecución o no de los proyectos de inversión se han realizado principalmente bajo criterios financieros y económicos como son la relación costo beneficio, TIR, valor presente neto de los flujos de efectivo, entre otras. A su vez, se han planteado en algunos casos evaluaciones de impacto ambiental con metodologías extranjeras, cuya aplicabilidad en nuestro contexto Colombiano no es la más acertada. Ambos procesos evaluativos se desarrollan, analizan y generalmente no se interrelacionan por la carencia de una metodología que apoye el proceso de toma de decisión teniendo en cuenta los resultados de ambos procesos. Es así como el objetivo principal del presente trabajo es desarrollar una metodología que permita evaluar conjuntamente los resultados de la evaluación financiera y de impacto ambiental adaptada para Colombia de proyectos de inversión utilizando el método AHP “Analytic Hierarchy Process”.

ABSTRACT

In Colombia, the decision making process to execute investment projects has been made mainly under financial and economic criteria such as the cost-benefit ratio, TIR, net present value of cash flows, among others. At the same time, environmental impact assessments have been proposed in some cases with foreign methodologies, in which the applicability in the Colombian context is not accurate. Both evaluative processes are developed and analyzed but generally not interrelated with each other during the decision making of an investment. Thus, the main objective of the present work is to use the Analytic Hierarchy Process (AHP) to develop a methodology which allows the combination of both a financial evaluation and environmental impact analysis that is adapted and applicable for Colombian investment projects.

CONTENIDO

LISTA FIGURAS.....	9
LISTA DE TABLAS.....	9
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 SITUACIÓN PROBLEMA.....	11
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.4 HIPÓTESIS O SUPUESTOS.....	11
1.5 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
1.7 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	12
1.8 BENEFICIOS.....	13
1.9 LIMITACIONES PREVISIBLES.....	14
2. MARCO DE REFERENCIA.....	14
2.1 MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.1 ¿QUÉ ES UN PROYECTO DE INVERSIÓN?.....	14
2.1.2 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	15
2.1.3 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN FINANCIERA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	17
2.1.3.1 METODOLOGÍA DE LOS CRITERIOS PARCIALES.....	17
2.1.3.2 MÉTODOS INTEGRALES.....	17
2.1.3.3 MODELOS MATEMÁTICOS DE PROGRAMACIÓN.....	18
2.1.3.4 MODELOS DE LAS DISTORSIONES.....	19
2.1.3.5 MÉTODO DE LOS OBJETIVOS MÚLTIPLES DE POLÍTICA ECONÓMICA	19
2.1.3.6 MÉTODO DE LOS PRECIOS MUNDIALES.....	19
2.1.3.7 MÉTODO DE LOS EFECTOS.....	19
2.1.4 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	20
2.1.4.1 METODOLOGÍAS PARA LA EIA.....	21
2.1.4.2 LISTAS (MÉTODO DE BATELLE-COLUMBUS).....	24
2.1.1.3 MATRICES (MATRIZ DE LEOPOLD).....	25
2.1.4.4 SUPERPOSICIÓN DE MAPAS.....	26

2.1.4.5 ANÁLISIS MULTI-OBJETIVO.....	26
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	27
2.2.1 CONCEPTOS FINANCIEROS.....	27
2.2.2 CONCEPTOS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	31
2.2.3 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP).....	32
2.2.4 COSTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	34
2.2.5 EVALUACIÓN DE PROYECTOS PÚBLICOS.....	36
2.3 MARCO SITUACIONAL.....	38
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	38
3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.3 TIPOS DE ESTUDIOS.....	39
3.4 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	39
3.4.1 ESPACIAL.....	39
3.4.2 TEMPORAL.....	39
3.4.3 DEMOGRÁFICA.....	39
3.4.4 TEMÁTICA.....	39
3.5 VARIABLES E INDICADORES.....	40
3.5.1 DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	40
3.5.2 OPERACIONALIZACIÓN.....	41
3.6 INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	45
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	46
4. DIAGNÓSTICO.....	47
4.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO.....	47
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	48
4.3 METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA TOMA DE DECISIÓN.....	53
4.3.1 EVALUACIÓN FINANCIERA.....	53
4.3.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	55
4.3.3 EJECUCIÓN DEL MODELO AHP DE INTEGRACIÓN.....	59
4.3.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA.....	62
4.3.5 RESULTADOS OBTENIDOS.....	79
4.3.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	81
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82

5.2 RECOMENDACIONES	83
6. BIBLIOGRAFÍA.....	85
7. ANEXOS.....	90

LISTA FIGURAS

Figura 1. Estructura de un Proyecto de Inversión	16
Figura 3. Planeación inicial del proyecto de inversión	17
Figura 4. Etapas de desarrollo de los proyectos	22
Figura 5. Evaluación de Impactos Ambientales.....	23
Figura 6. Variables Matriz de Leopold.....	25
Figura 2. Tasa de Descuento (Costo del dinero).....	29
Figura 7. Esquematización de la aplicación de la metodología AHP	34
Figura 8. Métodos para la valoración y cuantificación de beneficios.	37
Figura 9. Procesamiento y Análisis de la Información	46
Figura 10. Trazado con la alternativa D para el acceso al AIM	47
Figura 11. Descripción de las alternativas para acceso al AIM	48
Figura 12. Trazado Alternativa A	49
Figura 13. Trazado Alternativa B.....	50
Figura 14. Trazado Alternativa C	51
Figura 15. Trazado Alternativa D	52
Figura 16. Diagrama de Flujo de Evaluación Financiera Fuente: Elaboración propia.	54
Figura 17. Diagrama de Flujo de la Evaluación Ambiental según Renson Martínez 2010	58
Figura 18. Diagrama de Flujo de la Ejecución del Modelo AHP	59
Figura 19. Proceso Analítico Jerárquico Inversión Vía Aeropuerto.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Comparación del concepto EIA, en Colombia y el Contexto Internacional	32
Tabla 2. Escala de comparación de Criterios.	33
Tabla 3. Descripción y Clasificación de Variables	40
Tabla 4. Operacionalización de Variables	41
Tabla 5. Registro de campo de la información	45
Tabla 6. Calificación Cualitativa de las Variables para calcular el <i>ICAN</i>	55
Tabla 7. Valoración Cualitativa de IAP del Análisis de la Intensidad y Vulnerabilidad	56
Tabla 8. Calificación Cuantitativa de la Intensidad	56
Tabla 9. Índice de coherencia Medio	61

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La evaluación de los impactos ambientales y económicos para los proyectos de inversión en Colombia, han estado centrados principalmente en los conceptos tradicionales financieros, cómo los son la relación costo beneficio, TIR y Valor Presente Neto de los flujos de efectivo futuros (profundizados posteriormente). Y para lo ambiental, con metodologías extranjeras, cuya aplicación y variaciones para su adaptación no han sido las adecuadas según Martínez, Renson en su tesis publicada en el año 2010.

Según este mismo autor (página 27) quién cita a (Erazo, 1998), plantea que las metodologías para la evaluación del impacto ambiental usadas en Colombia, son importadas de otros países con otros modelos de desarrollo, donde las condiciones son totalmente distintas no solo en los sistemas ecológicos sino también en las condiciones socioeconómicas, culturales, políticas, tecnológicas y jurídicas. Máxime como se flexibiliza la ley Colombiana, la cual brinda la posibilidad a los equipos encargados de la evaluación del impacto de un proyecto dentro del territorio nacional, de escoger su propia metodología de evaluación. Por ello, se pueden introducir sesgos a este proceso de antemano subjetivo en sus metodologías y se subestiman los impactos que pueden afectar la calidad ambiental de los factores; disminuyendo la efectividad de las medidas que se tomen para la prevención, mitigación y compensación de los impactos previstos del proyecto. Siendo estos algunos de los inconvenientes más claros en el proceso de evaluación efectiva de proyectos con impacto en nuestro país, además de las limitaciones académicas y prácticas que presentan las metodologías existentes.

En el contexto Colombiano se introduce el concepto de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) con el decreto 2811 de 1974, actualmente derogado por el artículo 118 de la ley 99 de 1993; donde se incluía el concepto de Declaratoria de Efecto Ambiental. Esta declaratoria implicaba la realización de un estudio ecológico y ambiental previo, y obtener la licencia que permita la ejecución del proyecto, para aquellos casos donde se establezcan industrias que generen deterioro grave de los recursos naturales no renovables, ambiente y/o modificaciones al paisaje. A través de los años se han realizado reglamentaciones a la ley mediante decretos, siendo el último y vigente el 2041 del 2014.

Aunque existen antecedentes científicos y reconocimientos de la necesidad de incorporar la dimensión financiera y la EIA, en la actualidad se han considerado generalmente las evaluaciones financieras tanto en los sectores públicos como privados y esto puede tener consecuencias no previstas desde la perspectiva ambiental. El error en las decisiones puede tener dos consecuencias no deseables desde el punto de vista financiero y ambiental: el primero es aprobar proyectos que son potencialmente ineficientes en su generación de valor y el segundo de aceptar proyectos de alto rendimiento financiero pero con un alto grado de afectación al medio.

A su vez, una de las cuestiones más importantes en la evaluación financiera de proyectos es la elección de la metodología a utilizar para tener en cuenta los impactos ambientales que recaen en los diferentes periodos de acuerdo a su tasa de descuento, donde los métodos convencionales de evaluación financiera (que habitualmente ayudan en la toma de decisiones) no consideran la existencia de los impactos a largo plazo mediante la aplicación de una tasa de descuento temporal.

Finalmente, las aproximaciones más utilizadas para incluir el impacto ambiental dentro de los proyectos de inversión ha sido su inclusión como factor de descuento dentro del costo de capital y la cuantificación de los costos futuros en los planes de manejo ambiental que se puedan tener en el proyecto; como planes preventivos y de adecuación de poblados, rescate arqueológico, reposición forestal, entre otros. Estos temas se pueden ver referenciados y trabajados en el documento de Correa, Francisco 2008 y Ángel et al. 2010.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMA

No se ha encontrado un modelo que permita evaluar conjuntamente los resultados de la evaluación financiera y la evaluación de impacto ambiental de proyectos en Colombia. Se trabajan actualmente metodologías basadas en el análisis costo-beneficio para la toma de decisión sobre la realización o no de proyectos de desarrollo; o la evaluación financiera tradicional de retornos sobre inversión. Por separado se evalúa el impacto generado por los proyectos, pero con metodologías desarrolladas para otros países, con características ambientales diferentes a las nuestras. Esto evidencia la necesidad del diseño de una metodología de evaluación que involucre estas variables de acuerdo al contexto financiero y ambiental en Colombia.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo evaluar proyectos de inversión integrando variables financieras y de impacto ambiental, y cómo afecta esto la de decisión de las diferentes alternativas en estudio?

1.4 HIPÓTESIS O SUPUESTOS

HIPOTESIS CAUSALES

- Cuantificar los costos y el nivel de impacto ambiental, tiene incidencia en el proceso de toma de decisión de la ejecución o no de un proyecto de inversión.
- Creación de una metodología de evaluación financiera de proyectos según los impactos ambientales que se generen.
- Cuantificación de los costos ambientales en el mediano y largo plazo y metodologías de recuperabilidad.

HIPÓTESIS DEFINIDA

Cuantificar los costos y el nivel de impacto ambiental, tiene incidencia en el proceso de toma de decisión de la ejecución o no de un proyecto de inversión.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y aplicar en la región una metodología para la evaluación de proyectos de inversión desde un enfoque financiero y de evaluación de impacto ambiental.

1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Análisis de caso de la metodología desarrollada en un proyecto público de la ciudad de Pereira.
- Determinar la viabilidad ambiental del proyecto seleccionado, a través de la metodología para la evaluación de impacto ambiental en Colombia de Renson Martínez (2010).
- Evaluar el rendimiento financiero a través de alguna de las metodologías propuestas según las características del proyecto de inversión seleccionado.
- Integrar a través del modelo AHP la evaluación financiera y ambiental; además de establecer con un grupo de expertos las prioridades entre los criterios de evaluación del modelo.

1.7 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En Colombia desde 1974 se decretó y se introdujo el concepto de EIA para la valoración de los efectos negativos a los factores ambientales, antes de la ejecución y otorgamiento de la licencia ambiental para aquellos proyectos que puedan generar impactos potenciales al medio ambiente (Martínez, Renson 2010). Sin embargo, esto no ha sido impedimento para encontrar los vacíos de las leyes y de las metodologías que proponen usar los diferentes entes que velan por la conservación de nuestros recursos y desarrollo del país. Es así, como se han obtenido licencias para proyectos que están deteriorando nuestros recursos no renovables y la calidad del medio ambiente que gozamos actualmente en Colombia.

La herramienta financiera más reconocida para evaluar proyectos de desarrollo ha sido durante años el análisis costo-beneficio. Estos análisis requieren la identificación de impactos positivos que sopesen los negativos de acuerdo a un estudio acertado de impacto ambiental, su posterior valoración económica, y así finalmente identificar si la implementación del proyecto genera ganancias o pérdidas para el bienestar social del país. (Berrio, Linda 2014).

Tanto la valoración económica, como la del impacto ambiental representan tareas complejas en su ejecución; y aunque hay metodologías desarrolladas para cada una de

ellas, no se ha encontrado un modelo adaptado para Colombia que combine las dos en un proceso acertado y que permita generar un escalafón de preferencia de inversión de las alternativas evaluadas.

Por otra parte, la sostenibilidad es uno de los centros de atención del desarrollo económico mundial, sin descuidar la generación de valor y el beneficio económico para los empresarios. Es por esto, que encontrar un equilibrio entre ambas variables, optimizando el rendimiento financiero y la conservación de los recursos no renovables para las generaciones posteriores, permite el avance económico e industrial de nuestra sociedad.

Esta es la razón, por la que diseñar una metodología que integre ambos conceptos, en un país donde la regulación y seguimiento a este tipo de proyectos no ha sido el adecuado, es la manera de generar una contribución a las generaciones posteriores para integrar el desarrollo económico con la preservación del medio ambiente.

1.8 BENEFICIOS

Ambientales:

- Garantizar a través de la metodología desarrollada la selección de alternativas de inversión que generen el menor impacto ambiental, según la metodología del EIA aplicada a Colombia.

Económicos:

- Realizar la evaluación financiera de proyectos de inversión donde se incluya un análisis del impacto ambiental generado por el mismo, y cuya inclusión ayude a la toma de decisión desde la perspectiva del inversionista.

- Priorizar la importancia de la sostenibilidad de los recursos naturales, sobre los rendimientos financieros esperados de las inversiones.

Sociales:

- La identificación y prevención de los impactos ambientales dentro del análisis, en pro de velar por una mejor calidad de vida no solo en las presentes sino en las futuras generaciones.

- Facilitar a la comunidad una herramienta preventiva para defender los bienes naturales de sus territorios y las repercusiones presentadas por los proyectos que afecten los recursos naturales.

1.9 LIMITACIONES PREVISIBLES

- Identificar correctamente los medios y factores ambientales vulnerables en el proyecto seleccionado; al igual que los impactos más relevantes para la aplicación de la EIA en Colombia.
- Seleccionar el método de evaluación financiera que mejor represente las condiciones del proyecto a evaluar.
- Establecer las prioridades relativas de todos los criterios y sub-criterios dentro de su nivel de jerarquización para el modelo AHP, necesarias para la integración de las variables ambientales y financieras.
- Tener acceso a la información financiera y ambiental necesaria para la aplicación de la metodología desarrollada en el caso práctico.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

En la actualidad, dado el crecimiento económico e industrial en nuestro país, es importante que se involucre en el análisis previo de los diferentes proyectos de inversión los aspectos ambientales y financieros, teniendo en cuenta los impactos y desenlaces que se pueden presentar en la sociedad y en el medio ambiente. Es necesario implementar las evaluaciones de impacto ambiental, las cuales componen sistemas y procesos complejos para la construcción de proyectos, además de una metodología que propicie las condiciones que se requieren para su aplicación de acuerdo al resultado de la evaluación financiera.

2.1.1 ¿QUÉ ES UN PROYECTO DE INVERSIÓN?

El proyecto de inversión desde una perspectiva general, se entiende como una intervención en un medio para dar solución a una problemática existente y lograr un cambio deseado, por lo que va a existir un grupo de personas involucradas y necesidades referidas a la problemática. Dicho problema se puede percibir como una limitación o un exceso de un bien y/o servicio (Valencia, 2012).

Según el mismo autor, un proyecto "es una serie de planteamientos encaminados a la producción de un bien o la prestación de servicios, con empleo de una cierta metodología y con miras a obtener determinados resultados". Para la mayoría de los proyectos de inversión su foco principal es el objetivo financiero, mediante la generación de ingresos dimensionando al cliente interno, cliente externo y dueño o inversionista.

2.1.2 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

La evaluación de proyectos de inversión tiene como finalidad, analizar la conveniencia o no del uso de recursos destinados a la ejecución de un proyecto, dirigido a la solución de un problema o a la satisfacción de necesidades. Los criterios que se utilicen deben garantizar, la eficiencia financiera, económica, social y ambiental (Valencia & Pinto, 2013).

Según los mismos autores las metodologías tradicionales de evaluación, se concentran en la rentabilidad financiera, la cual da respuesta a los intereses del inversionista, dejando de lado, la eficiencia de los recursos desde el punto de vista de los beneficios económicos; es decir su efecto sobre la economía, los usos alternativos, la redistribución del ingreso y la correlación con el ecosistema.

ESTRUCTURA DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

Para Valencia & Pinto (2013) dentro de la estructura de un proyecto de inversión se encuentran un conjunto de estudios, los cuales permitirán sintetizar la información del mismo.

1. Estudio legal: determinar la existencia de restricciones en la realización del proyecto (viabilidad legal), relacionada a la normatividad.
2. Estudio de mercado: permite cuantificar la población al cual se les puede ofrecer el producto y/o servicio. Además, se establecen las estrategias de ingreso al mercado.
3. Estudio técnico: permite describir elementos técnicos (tamaño, localización, proceso productivo, etc.).
4. Estudio administrativo u organización: determina la organización administrativa que tendrá el negocio.
5. Estudio ambiental: determina los efectos del proyecto sobre el medio ambiente y viceversa.
6. Estudio económico-financiero: determina la viabilidad del proyecto a partir de indicadores de rentabilidad.

Figura 1. Estructura de un Proyecto de Inversión



Fuente: Elaboración propia basado en Valencia & Pinto (2013)

Adicionalmente, en la evaluación de un proyecto, se tiene por objeto determinar los impactos que el mismo producirá para diferentes personas naturales o jurídicas, quienes son los interesados en su ejecución y operación. Un proyecto del sector productivo privado, interesa principalmente al inversionista, promotor del mismo, pero también interesa al gobierno para determinar si es conveniente para la economía nacional y saber cuál es el impacto que produce en los diferentes sectores de la sociedad. Un proyecto de servicios públicos, interesa al ente autónomo o privado que lo esté promoviendo, para ver si su operación, da mejores márgenes para continuar prestando un servicio, pero igualmente interesa al gobierno y a los usuarios determinar el monto de la creación de riqueza que produce el proyecto para redistribuir entre los sectores esa producción adicional de riqueza, todos estos aspectos tienen que analizarse con detenimiento y profundidad para llegar a determinar si los resultados son favorables o desfavorables (Duarte, Arias, & Tibaná, 2007).

Según Duarte et al. 2007, en la evaluación de los proyectos, es preciso identificar:

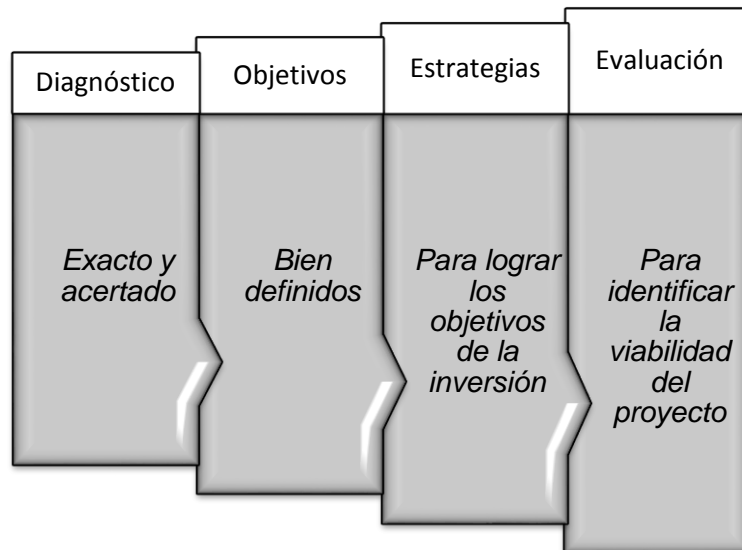
- **Elementos financieros:** Que trata del análisis de los proyectos utilizando precios financieros o precios de mercado e interesa principalmente, a los dueños de la inversión.
- **La evaluación económica:** Que transforma el análisis financiero a precios económicos, o sea a precios que representan el verdadero valor para la economía

de un país, el efecto del proyecto en su parte micro con respecto a toda la economía (macro).

2.1.3 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN FINANCIERA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

Cuando se trata de evaluar un proyecto de inversión se tienen diferentes metodologías las cuales determinan los beneficios y los costos en el mismo, con el objetivo de generar un valor económico frente a la inversión realizada, para lo cual se tienen las siguientes metodologías a continuación de acuerdo al artículo (Duarte et al., 2007), iniciando con una planeación de que se quiere lograr en el proyecto:

Figura 2. Planeación inicial del proyecto de inversión



Fuente: Elaboración propia.

2.1.3.1 METODOLOGÍA DE LOS CRITERIOS PARCIALES

Son un conjunto de descriptores cuantitativos que expresan magnitudes y relaciones de las variables involucradas en el proyecto tales como: inversión/empleo, ingreso generado/inversión, beneficios/inversión total entre otros. Esta metodología es la más utilizada en nuestro medio, por su facilidad de adaptarse a la disponibilidad de información.

2.1.3.2 MÉTODOS INTEGRALES

La aplicación de las metodologías integrales de evaluación económica para elaborar los modelos de análisis o para ajustar los flujos de inversiones y financiamiento configurados en la evaluación privada, requieren de una visión clara del contexto socioeconómico, tecnológico, y cultural del desarrollo regional y nacional de la economía en su conjunto y

vista como un sistema, está relacionada con la interacción de tres elementos. La comunidad, el sector productivo, y el Estado.

Un sistema es un conjunto de componentes cuya interacción engendra nuevas cualidades no existentes en los elementos integrantes. Algunos elementos de gran importancia en el establecimiento de las distintas clases de precios a saber, son:

- **Los precios sombra:** Son los precios del mercado ajustados por un factor, debido a que los precios del mercado no reflejan la escasez relativa de bienes, servicios y/o factores de producción, por las distorsiones generadas por condiciones de monopolio, oligopolio, impuestos, controles de precios y subsidios .
- **Los precios de mercado:** Son los precios utilizados desde el punto de vista privado para evaluar las bondades de un proyecto y su denominación obedece a que son precios vigentes en el mercado.
- **Transferencias:** Son algunos rubros del flujo de inversiones y del estado de resultados que en la evaluación “económica” o “social”, no tienen efecto alguno para la economía vista como un sistema, por tratarse de una amortización o transferencia de un sector a otro (comunidad sector productivo, Estado) como son los impuestos, los subsidios, los intereses, los créditos, aportes parafiscales, amortización de diferidos.

2.1.3.3 MODELOS MATEMÁTICOS DE PROGRAMACIÓN

En este método se representa el funcionamiento de la economía de un país o de una región, mediante modelos matemáticos de programación. Primero se formalizan las relaciones entre las variables que se consideran de mayor importancia, luego de considerar las diferentes restricciones existentes y se procura maximizar ciertos valores representativos de los fines que se persiguen.

El método utiliza modelos de equilibrio general, para una economía dada, se reconoce la existencia de desajustes de diferentes tipos. A partir de lo anterior y teniendo en cuenta las limitaciones de los recursos, se trata de maximizar la producción total o el ingreso nacional. Para introducir la variable de producción existen varias técnicas. De la elección de la técnica depende la posibilidad de actuar directamente sobre las cantidades de factores a ser combinados y la forma de poder realizar las operaciones respectivas, o bien de la posibilidad de actuar indirectamente, induciendo una combinación dada de factores a través de precios de los mismos. El modo de conocer los problemas centrales futuros de una economía (decidir que producir, como se va a producir y para quien), está en función de la organización de los sistemas económicos, sin desconocer el uso de los precios, se puede decir que en las economías de planificación descentralizadas, predomina el manejo de las cantidades, en cambio en las economías de mercado, el mecanismo de precios desempeña un papel crucial en la solución de estos problemas.

2.1.3.4 MODELOS DE LAS DISTORSIONES

Este método parte de los precios que se observan en el mercado y trata de cuantificar las divergencias que existen entre dichos precios y los precios sociales. Normalmente se introducen correcciones a cada precio, por aspectos tales como impuestos, subsidios, efectos externos, condiciones de monopolio y monopsonio, etc.

El método considera el proyecto dentro de un marco de equilibrio parcial y procura establecer los precios reales para el proyecto, suponiendo que la operación del proyecto, producirá cambios marginales en la economía.

Al considerar los precios reales fija su atención en las condiciones que presenta la economía en el momento actual y no en las que idealmente se persigue. En este método se considera además de la información recolectada en cada mercado particular; es un buen punto de partida para la estimación de los precios sociales.

2.1.3.5 MÉTODO DE LOS OBJETIVOS MÚLTIPLES DE POLÍTICA ECONÓMICA

Este método utiliza precios sociales del mismo tipo de los que se determina en el método de las distorsiones, pero al mismo tiempo establece una metodología para considerar de manera explícita, además del objetivo de una eficiente asignación de los recursos, otros fines de la política económica que el estado puede perseguir.

En el método se consideran fundamentalmente tres tipos de ponderaciones: La tasa social de descuento, la distribución del ingreso y las necesidades sociales preferentes.

2.1.3.6 MÉTODO DE LOS PRECIOS MUNDIALES

Este método identifica los efectos de un proyecto dentro del marco general de la economía con sus respectivas relaciones exteriores, utilizando para la valoración de bienes (producción) e insumos, los precios mundiales (Internacionales). Estos precios son útiles para valorar bienes y/o servicios para los que existen precios mundiales (por ser objeto de intercambio internacional) como para otros bienes y servicios que normalmente se producen y utilizan internacionalmente.

El punto de partida para la metodología consiste en que cualquiera que sea el bien o servicio y cualesquiera que sean los elementos que entran en un proyecto, siempre es posible identificar mediante una cadena de sustituciones, los efectos del proyecto sobre la balanza de pagos. Además, como cualquier bien puede cambiarse por divisas, la valoración en términos de cambio extranjero es una buena solución al problema de encontrar un patrón de valoración.

2.1.3.7 MÉTODO DE LOS EFECTOS

La realización y funcionamiento de un proyecto, supone un conjunto de perturbaciones en la economía en la cual se insertan. Tales perturbaciones se propagan en la economía y modifican la producción, el comercio exterior y la distribución de los ingresos. Después de una primera revisión, sobre la naturaleza de las distorsiones que deben y pueden ser

tenidas en cuenta; el método comprende el desarrollo de tres esquemas básicos y análisis de esas perturbaciones en distintos momentos y su propagación a saber: *Primero* análisis de los efectos generados por un aumento en la demanda de un consumo intermedio, *segundo* análisis de la distribución de un nuevo valor agregado y *tercero* análisis de los efectos generados por la utilización de un nuevo valor agregado. La articulación de estos tres esquemas permite dar cuenta del conjunto de perturbaciones ocasionadas por el proyecto en los diferentes flujos económicos de intercambios, ingresos, consumo y ahorro, (efectos directos e indirectos) El objetivo de la economía es hacer una asignación eficiente y equitativa de los recursos para lograr el máximo bienestar posible. Eficiente, con el fin de lograr el mayor impacto posible sobre el bienestar; Equitativa, de tal forma que se establezca una redistribución de ingresos y riqueza considerada justa por la sociedad.

En el análisis económico se realiza un análisis de eficiencia en el que no se hace ninguna discriminación sobre quien recae el mayor bienestar, partiendo del supuesto que si alguien no alguno en la economía mejora, la sociedad y la economía como un todo debe mejorar. En el análisis social se hace un análisis de eficiencia y equidad en donde se discriminan los agentes sobre los cuales recae el mayor bienestar, así como el nivel socioeconómico de los individuos afectados por el proyecto, buscando valorar los impactos según los agentes, con el fin de determinar los beneficios o costos de los respectivos beneficiarios o afectados por el proyecto.

2.1.4 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Posterior al fin de la Revolución Industrial, los países desarrollados o aquellos en la búsqueda de su desarrollo económico comenzaron a tener mayor presión por parte de las agencias multilaterales, cómo el Banco Mundial, para tener estudios ambientales antes de la ejecución de proyectos de inversión. Es por esto que en 1969 surge el concepto de EIA en Estados Unidos, como una respuesta política pública ante la necesidad de un cambio en los valores y actitudes de la sociedad frente a las consecuencias ambientales de las acciones humanas de la época (Martínez 2010).

Desde la perspectiva internacional, la evaluación de impacto ambiental corresponde a un proceso de toma de decisión que busca garantizar la viabilidad de un proyecto, cuyas etapas de planeación, construcción, operación y desmantelamiento pueden generar impactos sobre el ambiente y el deterioro del mismo para las siguientes generaciones. Sin embargo, situándonos en el contexto colombiano y según el decreto 2041 de 2014, la EIA corresponde a un estudio donde se identifican y valoran los impactos sobre los factores ambientales que un proyecto, obra o actividad pueden generar, constituido según Martínez, 2010 así:

1. Información del proyecto relacionada con la localización, infraestructura y actividades del proyecto.
2. Caracterización del área de influencia del proyecto.
3. Demanda de recursos naturales por parte del proyecto.
4. Información relacionada con la evaluación de impactos ambientales y análisis de riesgos.

5. Zonificación de manejo ambiental, definida para el proyecto, obra o actividad.
6. Evaluación económica de los impactos positivos y negativos del proyecto.
7. Plan de manejo ambiental del proyecto, expresado en términos de programa de manejo.
8. Programa de seguimiento y monitoreo.
9. Plan de contingencias para la construcción y operación del proyecto.
10. Plan de desmantelamiento y abandono.
11. Plan de inversión de los programas de manejo.

En la metodología propuesta se trabajarán explícitamente y como ejes para el desarrollo de la misma, las etapas 1, 2, 4 y 6. A través de estas, se puede obtener, para la mayoría de los proyectos, información indispensable para hacer la evaluación de los impactos como elemento de análisis para la toma de decisión de la viabilidad de un proyecto, la evaluación económica que afectará los principales indicadores financieros del mismo, y el plan de manejo que afectará los indicadores netos de impacto según la metodología que se planteará posteriormente.

Para la mayor parte de las metodologías planteadas a lo largo de la historia de la EIA, y de las que se revisarán en este trabajo, es necesario determinar el estado de un determinado sistema o componente del medio ambiente; a través de la calificación o evaluación de los indicadores utilizados. Estas medidas planteadas, indican el nivel de interacción causa efecto que han tenido necesariamente los humanos con los sistemas naturales. La interacción y los cambios que generen al medio, son definidos por los autores como la pérdida o la mejora en la calidad ambiental en los sistemas, intrínsecamente relacionado con los indicadores de impacto ambiental.

2.1.4.1 METODOLOGÍAS PARA LA EIA

La figura 4 nos permite tener un panorama simplificado de las metodologías existentes, que según Ángel et al. 2010, satisfacen dos criterios determinados:

- 1) Son interdisciplinarias en su concepción o aplicación.
- 2) Se han desarrollado lo suficiente para que se puedan considerar como exitosas en el manejo de temáticas ambientales.

Dichos criterios están alineados, al igual que la metodología propuesta en este trabajo, en lograr los resultados que toda evaluación de impacto ambiental debe generar. En primera instancia, identificar, caracterizar y evaluar la magnitud de los impactos de un proyecto sobre el ambiente. Segundo, orientar la gestión tendiente a prevenir, mitigar o compensar los impactos, de tal modo que se logre minimizar los efectos negativos del proyecto y potencializar aquellos que reviertan beneficios tangibles en el ámbito local, regional y nacional (Ángel et. al, 2010).

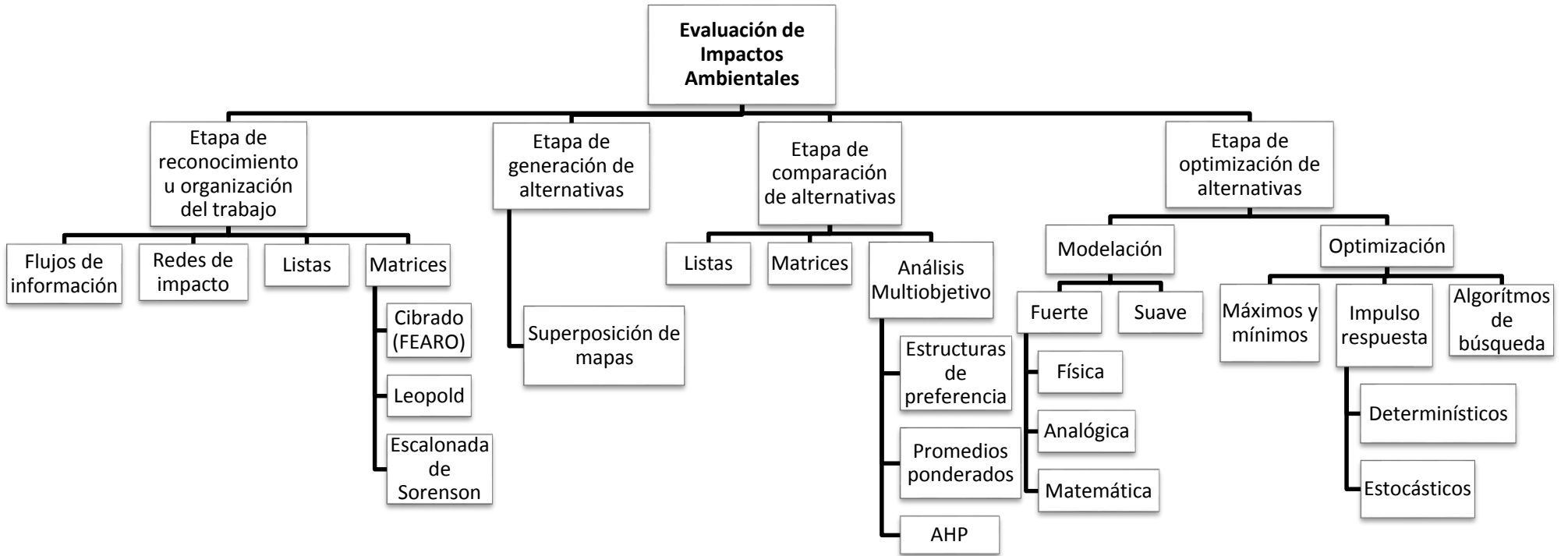
A continuación (Figura 4) se contextualizan las etapas de desarrollo planteadas por los autores de los proyectos que se estén evaluando, y algunas preguntas a las que se debe dar respuesta usando alguno de los métodos sugeridos por el autor en cada una de ellas:

Figura 3. Etapas de desarrollo de los proyectos



Fuente: Elaboración propia basado en Ángel et al. 2010

Figura 4. Evaluación de Impactos Ambientales



Fuente: Elaboración propia basado en Ángel et al. 2010

2.1.4.2 LISTAS (MÉTODO DE BATELLE-COLUMBUS)

Las listas son métodos de rápida aplicación muy utilizados para validar la información del proyecto, ya que permite organizarla de forma lineal. Por otra parte, se puede asignar a cada posible impacto, un valor máximo constante que permite reflejar la importancia relativa frente a los demás impactos, según la calificación que haya obtenido por el grupo evaluador.

Quizá dentro de las técnicas de lista más frecuentes, la más utilizada es la evaluación ambiental de Batelle-Columbus, elaborado para la planificación y gestión de recursos hídricos en Estados Unidos. Éste método pondera numéricamente las características ambientales para tener una forma adecuada para realizar comparaciones directas entre los impactos.

Esta metodología tiene similitudes y permite comprender globalmente la que se presentará en el presente trabajo de investigación; ya que ambas se basan en una clasificación similar de impactos sobre componentes ambientales que se encuentran dentro de un sistema de niveles (para nuestro caso, factores ambientales).

Continuando con la metodología de Batelle-Columbus según Martínez (2010) basado en Toro (2009), se distinguen 4 categorías o niveles, que se subdividen en 18 componentes predeterminadas y éstos en 78 parámetros o indicadores ambientales, en los cuales se realiza una distribución de 1.000 unidades de importancia.

Categoría 1: Ecología

1. Especies y poblaciones
2. Hábitat y comunidades
3. Ecosistema

Categoría 2: Contaminación ambiental

4. Contaminación del aire
5. Contaminación del agua
6. Contaminación del suelo
7. Contaminación por ruido

Categoría 3: Aspectos estéticos

8. Suelo
9. Aire
10. Agua
11. Biótica
12. Objetos artesanales
13. Composición

Categoría 4: Aspectos de interés humano

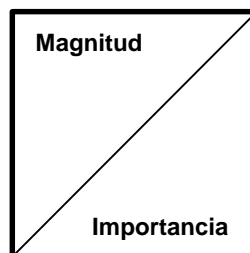
- 14. Estilos de vida
- 15. Valores educacionales y científicos
- 16. Valores históricos
- 17. Cultura
- 18. Sensaciones

Finalmente el método plantea calcular las unidades de impacto ambiental sobre cada categoría propuesta, para cada componente de impacto con la diferencia de esa componente en ambas fases de la evaluación; es decir, antes y después de la ejecución del proyecto.

2.1.1.3 MATRICES (MATRIZ DE LEOPOLD)

Este es el método matricial mayormente utilizado de interacción elemento – actividad desarrollada por Leopold et al. 1971 para el departamento del interior del Gobierno de los Estados Unidos. La metodología establece la medida de dos variables descritas y esquematizadas a continuación de 1 – 10 identificando con +- si el efecto es positivo o negativo en el entorno.

Figura 5. Variables Matriz de Leopold



Este método comprende 100 acciones en el eje horizontal, que pueden causar cambios ambientales y 88 características ambientales en el eje vertical que pueden ser afectadas, existiendo un potencial de 8.800 impactos en total de acuerdo a Martínez, 2010. Finalmente, aquellas interacciones cuya importancia o magnitud estén dentro del intervalo absoluto de 7-10, deben estar sustentadas con un documento técnico que soporte las calificaciones, además de una discusión de las medidas para elaboración de programas y formulación de medidas de manejo ambiental. Martínez (2010) basado en Leopold et al. (1971).

2.1.4.4 SUPERPOSICIÓN DE MAPAS

La idea central de esta metodología es elaborar mapas temáticos para cada una de la dimensiones que se propone analizar en esta (física, biótica, cultural, etc.), en donde se identificará según un color, si una zona o área determinada de intervención del proyecto, es apta o no para la ubicación y operación del proyecto. Generalmente las escalas utilizadas según Ángel et al. (2010) son las siguientes:

Verde = Aptitud plena

Amarillo = Precaución

Rojo = Restricción

Una vez se tiene la superposición de los mapas realizada, se pueden identificar zonas que entre todas las variables se estaban descuidando, y cuyo nivel de precaución es el máximo. O en su defecto, áreas con niveles de restricción diferentes que deben ser analizados y sometidos por criterio de expertos a la viabilidad de implementación o no. Finalmente y según Ángel et al. 2010, “permite la re-delimitación del área de estudio para las etapas siguientes, lo que permite concentrar los esfuerzos en las zonas sobre las que se tiene una razonable certeza de ser adecuadas para el desarrollo que se pretende implementar”.

2.1.4.5 ANÁLISIS MULTI-OBJETIVO

Éste análisis ha sido una de las herramientas más eficientes usadas en Norte América y Europa para la toma de decisiones, en donde no es posible cuantificar de forma equivalente las diferentes variables intervinientes en el proceso de decisión entre diversas alternativas. Decisiones financieras, donde las unidades monetarias son el referente, pueden ser tomadas con base a los modelos financieros expuestos en el siguiente capítulo, pero ¿cómo lograr poner en equivalentes mesurables los impactos posibles de un proyecto, y la significancia que estos tienen en el medio ambiente?

Los modelos multi-objetivo dan respuesta al interrogante anterior, según Ángel et al. (2010) estos modelos permiten tomar decisiones teniendo en cuenta “lo subjetivo”, pues si la decisión es una confrontación de juicios de valor, por su misma naturaleza, se está tomando una decisión subjetiva. La solución entonces es fijar juicios, cuantificándolos en un sistema de preferencias expresadas y relacionadas entre sí por relaciones matemáticas y operaciones matriciales.

En el libro, Gestión Ambiental en Proyectos de Desarrollo (Ángel et al. 2010) se plantea y se trabaja como caso práctico al análisis multi-objetivo por promedios ponderados. Ésta técnica permite la asignación de índices calculados a partir de la magnitud de cada impacto

considerado. Estos son evaluados por los autores como una “función el impacto ambiental” y llevados a expresar la “gravedad” del impacto. Posteriormente estos impactos sobre las variables de toma de decisión son ponderados a un término de referencia común por alternativa, a través de las importancias relativas de cada impacto por cada factor de toma de decisión.

Las preferencias del decisor sobre cada factor de decisión, son generalmente aceptadas y calculadas a través de la metodología DELPHI según argumental Ángel et al. 2010 basados en Goicochea et al. 1982 y MOPT, 1992.

Partiendo del hecho de que la metodología es validada por autores Colombianos como una herramienta para la toma de decisión ambiental, y cuya aplicabilidad se ha validado satisfactoriamente. Se trabajará dicha herramienta en la metodología del presente trabajo, basados en la aplicación e integración de factores ambientales y financieros con el método AHP (Análisis Analítico Jerárquico), el cual se profundizará en el siguiente capítulo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se pretende proporcionar una fundamentación teórica de los diferentes conceptos clave en el marco de lo ambiental y lo financiero para los proyectos de inversión.

2.2.1 CONCEPTOS FINANCIEROS

Inversiones

Una inversión es el compromiso real de un dinero o de otros recursos en espera de cosechar rendimientos futuros. Según la superintendencia de valores, es la forma de utilizar el dinero con el fin de obtener más dinero en períodos de tiempo que el inversionista elige. Por medio de las inversiones las personas se protegen de la inflación y obtienen ganancias adicionales.

Riesgo Financiero

Está relacionado con la posible variación en los rendimientos y la probabilidad de que este no sea el esperado. El riesgo es parcial si se cubren al menos los costos de operación. Como riesgo total se considera el hecho de no poder cubrir los costos de operación y los costos financieros. Cualquier incremento de estos genera un incremento de los riesgos.

TIR (Tasa Interna de Retorno)

La TIR es la rentabilidad del proyecto, es la tasa a la cual rinde la inversión de los recursos que permanecen ligados al proyecto, la cual se utiliza junto con el costo de capital para determinar la viabilidad de inversión en los diferentes proyectos.

$$TIR = \sum_0^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

Fn: Flujos netos de dinero del proyecto por periodo.

i: Tasa de interés a despejar. Hace referencia al rendimiento intrínseco del proyecto.

n: Horizonte de evaluación del proyecto.

Para que un proyecto sea viable, la Tasa Interna de Retorno, TIR, debe ser mayor que la Tasa de Interés de Oportunidad, TIO.

Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)

Cuando en un proyecto se generan flujos de caja positivos y negativos que conllevan a la existencia de más de una TIR es necesario el cálculo de la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM), siendo esta los flujos de caja del proyecto descontados con una tasa de financiamiento y capitalizados a una tasa de reinversión.

La tasa de financiamiento es lo que se paga por los recursos ajenos destinados al proyecto y se utiliza para traer a valor actual los flujos de caja negativos. La tasa de reinversión es la tasa obtenida por los flujos de caja y se utilizan para llevar a valor futuro a los flujos de caja positivos.

$$TIRM = \left(\frac{\text{Valor Futuro Ingresos}}{\text{Valor Presente Egresos}} \right)^{1/n} - 1$$

Adicionalmente, se utiliza la TIRM cuando se identifica que los flujos no podrán reinvertirse a la misma TIR o rendimiento propio de un proyecto.

VPN (Valor Presente Neto)

El Valor presente Neto es la utilidad o perdida a pesos de hoy, que proviene de invertir en los diferentes proyectos de inversión, se define como la suma del valor presente de los flujos de efectivo individuales. En el caso de que todos los flujos futuros de efectivo sean de

entrada y la única salida de dinero en efectivo es el precio de compra, el valor actual neto es simplemente el valor actual de los flujos de caja proyectados menos el precio de compra.

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

Donde:

Bt: Beneficios por periodo.

Ct: Costos por periodo.

r: Tasa de interés evaluada (TIO).

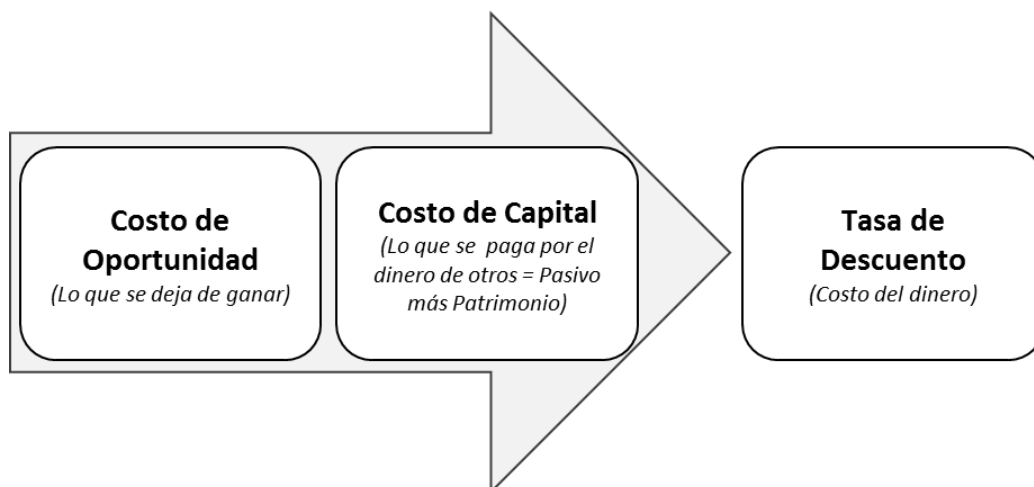
n: Horizonte de evaluación del proyecto.

Tasa de descuento (TIO)

Según Ignacio Vélez (1943) en su artículo “El Costo Del Dinero: La Tasa De Descuento” la define como la tasa de oportunidad del proyecto de inversión. Midiendo así los costos del capital que se tienen para la financiación del proyecto o de la persona por obtener los fondos que se destinan a las inversiones. La equivalencia con que se utilizan una y otra, sin tener en cuenta que es acertado hacerlo sólo cuando se cumplen condiciones de equilibrio perfecto en la economía, indica la necesidad de enfatizar las diferencias entre ellas y su uso adecuado. Aunque determinar el costo de capital es uno de los problemas más difíciles y controvertidos de la teoría financiera.

Este costo del dinero permite hacer las comparaciones de flujos de dinero en el futuro, siendo el costo directo que el proyecto debe pagar cuando no cuenta con el mismo y debe prestarlo a terceros.

Figura 6. Tasa de Descuento (Costo del dinero)



Fuente: Elaboración propia basado en Vélez Pareja Ignacio Antonio (1943).

Costo de capital Promedio Ponderado

Es una medida financiera, la cual tiene el propósito de resumir en una sola cifra expresada en términos porcentuales, el costo de las diferentes fuentes de financiamiento que se tendrán en una empresa o proyecto para fondar alguna inversión en específico.

Para calcular el CCPP (WACC por sus cifras en inglés "Weighted Average Cost of Capital"), se requiere conocer los montos, tasas de interés y efectos fiscales de cada una de las fuentes de financiamiento seleccionadas, por lo que se deben analizar las diferentes combinaciones de dichas fuentes y tomar la que proporcione la menor cifra.

El cual se calcula con la fórmula a continuación:

$$CCPP = \frac{D}{D + P} * K_d * (1 - T) + \frac{P}{D + P} * K_p$$

D = Deuda financiada a través de bancos.

P = Patrimonio (fuentes de capital de accionistas).

K_d = Costo financiero de la deuda.

K_p = Costo financiero del capital de accionistas.

T = Tasa de impuestos del país.

(1-T) = Relación del escudo fiscal.

CCPP = WACC = Costo de capital promedio ponderado

Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)

El CAUE es la metodología que se utiliza comúnmente en la comparación de 2 alternativas, la cual nos indica cual alternativa es la mejor, sin embargo no nos manifiesta cuanto es mejor a la otra. Es utilizada en la evaluación de proyectos de inversión y corresponden a todos los ingresos y egresos convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente la cual es la misma cada periodo.

$$CAUE = VAN * \left(\frac{(1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1} \right)$$

Si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado.

2.2.2 CONCEPTOS DE IMPACTO AMBIENTAL

En relación al concepto de EIA, todas las definiciones citadas a continuación en el documento corresponde a la bibliografía revisada por Renson Martínez en su tesis “Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia” donde concuerdan en que la EIA corresponde a un proceso o procedimiento a través del cual se identifican y valoran los impactos; sin embargo, el uso del concepto en el ámbito internacional presenta ligeras diferencias con el uso dado en Colombia (ver tabla 1).

En el contexto internacional Garmendia (2005), la define como un procedimiento a través del cual se realiza una valoración de los impactos que se producen sobre el ambiente por un determinado proyecto.

Para Conesa (1997), es un procedimiento analítico orientado a formar un juicio objetivo sobre las consecuencias de los impactos derivados de la ejecución de una determinada actividad.

Para Rees (1988), es el conjunto de procesos y actividades desarrolladas para identificar, predecir y evaluar, preferiblemente de manera cuantitativa, las posibles consecuencias de las actividades humanas.

Para Wathern (1988), es el proceso que permite identificar las consecuencias probables para el ambiente geofísico, socioeconómico, la salud y el bienestar humano, de la implementación de actividades, e informar de manera previa a la comunidad de modo que pueda intervenir en la toma de decisiones relacionadas con el proyecto, obra o actividad.

En el Real Decreto Legislativo 1131/1998 de España (RDL 1131/1988) se define como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente.

La ONU (1994), lo define como el procedimiento nacional destinado a evaluar el probable impacto que una actividad propuesta tendrá en el medio ambiente.

Para Canter (2000), es todo procedimiento para la identificación y valoración de los impactos potenciales de proyectos, planes, programas o acciones relativos a los componentes fisicoquímicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno.

Tabla 1 Comparación del concepto EIA, en Colombia y el Contexto Internacional

CONCEPTO	COLOMBIA	CONTEXTO INTERNACIONAL
<i>Evaluación de impacto ambiental</i>	Calificación de los impactos atribuibles al proyecto, obra o actividad.	Proceso de toma de decisiones ambientales sobre el proyecto, obra o actividad.
<i>Estudio de impacto ambiental</i>	Instrumento para la toma de decisiones ambientales sobre el proyecto, obra o actividad.	Instrumento para la toma de decisiones ambientales sobre el proyecto, obra o actividad.
<i>Valoración de impacto ambiental</i>	Estimación económica del valor de uso de atributos naturales de un ecosistema, bien o servicio ambiental en el bienestar de la sociedad.	Estimación de los impactos atribuibles al proyecto, obra o actividad.

Fuente: Elaboración propia, modificado de Martínez, Renson (2010) con información de Berrio, Linda (2014).

2.2.3 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

El proceso analítico jerárquico permite; a través de procedimientos matemáticos objetivos, procesar la inescapable subjetividad y las preferencias personales de un individuo o un grupo al momento de tomar decisiones. En el AHP se construyen jerarquías para luego realizar juicios o medidas cuantificables entre pares de ellas respecto a un elemento de control; con el fin de derivar proporciones que luego serán procesadas y sintetizadas a través de la estructura jerárquica para así seleccionar la mejor alternativa. (Saaty, 2012).

Según Saaty y Vargas (2012) creadores del modelo inicial, el AHP funciona fundamentalmente desarrollando prioridades para las alternativas y los criterios usados para juzgar a las mismas. Usualmente, los criterios cuya selección se debe al entendimiento del entorno del decisor, son medidos en diferentes escalas, tales como largo y peso, o son inclusive intangibles para los cuales aún no existen medidas, por tanto no pueden ser combinadas directamente en algún modelo. Para estos autores, las prioridades de los criterios se derivan en términos de importancia para lograr el objetivo, luego las prioridades se derivan del desempeño de las alternativas sobre cada criterio. El proceso de priorización resuelve el problema de tener que enfrentarse a diferentes escalas, y de interpretar su rendimiento para los usuarios del modelo. Es por esto que se plantea una escala única

cuando se trabajan las comparaciones uno a uno entre criterios cómo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Escala de comparación de Criterios.

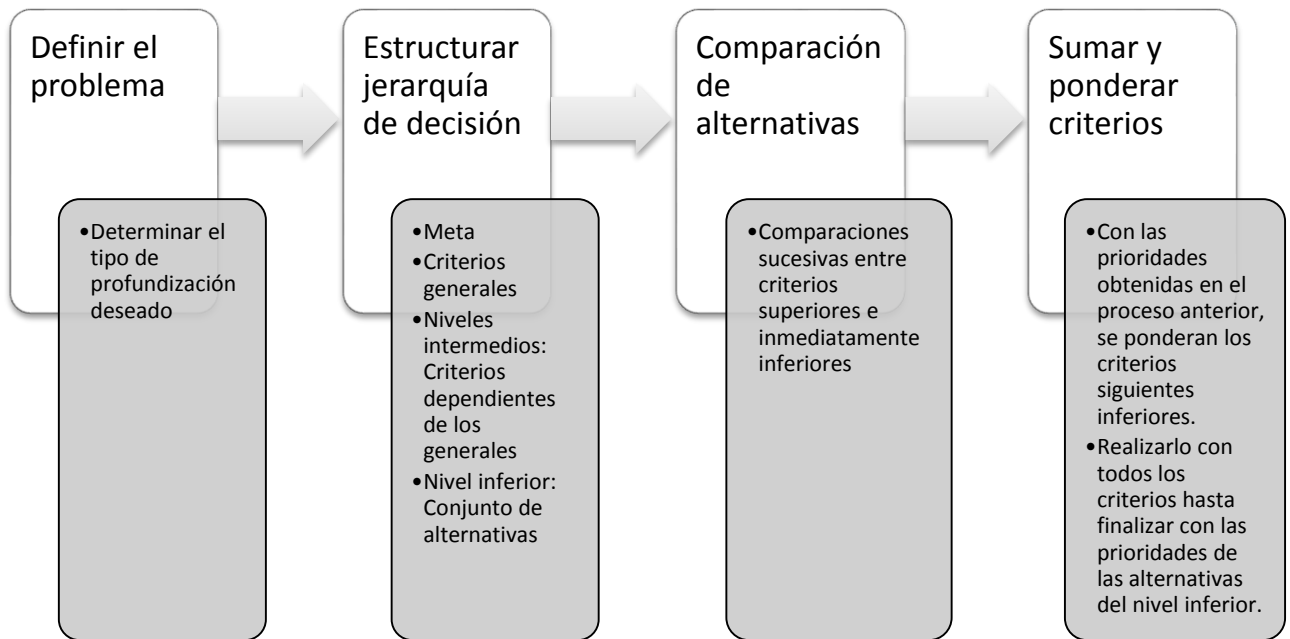
Escala fundamental en números absolutos

<i>Intensidad de importancia</i>	<i>Definición</i>	<i>Explicación</i>
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil o ligero	
3	Importancia moderada	La experiencia y juicios favorecen ligeramente una alternativa sobre la otra
4	Más moderada	
5	Importancia fuerte	La experiencia y juicios favorecen fuertemente una alternativa sobre la otra
6	Más fuerte	
7	Muy fuerte, o importancia demostrada	La actividad es favorecida muy fuertemente sobre otra; su dominancia está demostrada en la práctica
8	Muy, muy fuerte	
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece a una actividad sobre otra es la mayor posible en términos de
Valores recíprocos	Si una actividad i tiene alguno de los valores no cero de arriba asignados cuando es comparada con j , entonces j tiene el valor recíproco cuando es comparado con i	Supuesto razonable
1.1 - 1.9	Si las actividades son muy cercanas	Difícil de asignar el mejor valor, pero cuando se compara entre actividades puede no ser muy notable, sin embargo puede indicar cierta importancia relativa para las mismas

Fuente: Adaptado de Saaty 2008.

Finalmente, los autores plantean obtener un resultado general combinando todas las alternativas bajo una misma escala, a través de operaciones aritméticas de sumas y ponderaciones, priorizando en cómo cada una de estas contribuye al cumplimiento de la meta. Es a través de la metodología (AHP) que un problema de escala multidimensional es transformado a uno del orden unidimensional. En la siguiente figura se presenta una esquematización de la aplicación según el orden de ejecución dentro del modelo.

Figura 7. Esquematización de la aplicación de la metodología AHP



Fuente: Adaptado de Saaty 2008.

2.2.4 COSTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Según Ángel et al. 2010, la gestión ambiental hace referencia a la acción posible sobre el impacto ambiental por parte del agente económico propietario de un proyecto de desarrollo y que en cualquier caso es esperable que se presenten impactos remanentes los cuales se escapan a la gestión realizada. Significa esto según los autores que, la gestión ambiental solamente permite una solución parcial de los impactos y esto hace indispensable la acción del Estado estableciendo un marco de regulación y políticas.

Conceptualización del costo ambiental

El concepto de costo ambiental no ha sido claramente definido en la literatura según revisiones de Ángel et al. (2010); sin embargo, en su libro "Gestión Ambiental en Proyectos de Desarrollo" plantean una discusión sobre las distintas acepciones que habitualmente son usados en la práctica, las cuales se relacionan a continuación.

- **Costo ambiental asimilado a impacto ambiental**

Se plantea este costo como las implicaciones que sobre el medio ambiente tiene la construcción y operación de proyectos de desarrollo. En este contexto se resalta que el concepto de impacto ambiental se debe asociar al de evaluación y no al de valoración, lo que implica de otro lado, que la magnitud económica no es la medida por excelencia del impacto.

- **Costo ambiental asimilado a valoración económica del impacto ambiental**

Esta interpretación del costo tiene que ver con la valoración económica del impacto ambiental; es decir, aplicar las herramientas de valoración económica a los impactos generados por los proyectos de desarrollo. Según los autores, es una tarea llena de incertidumbres, y en la cual, poco éxito se ha tenido. La complejidad de la valoración económica, es que se debe asignar un valor de mercado a los recursos, dado que se están presentando procesos productivos de consumo que tienen una clara referencia en los mercados.

- **Costo ambiental asimilado a costos de gestión ambiental**

Según lo abordan los autores; este tercer acercamiento a los costos ambientales, tiene que ver con las inversiones en medidas del plan de manejo ambiental que realiza el agente económico que causa y pretende manejar de dicho impacto. Estos costos están presentes desde la planeación, proceso de localización, trazado, entre otros. Teniendo en cuenta el tipo de acción que se ejecuta respecto al impacto, Ángel et al. (2010) define los siguientes tipos de costos:

- *Costos preventivos:* Son aquellos en los que incurre el agente económico para evitar causar un impacto ambiental. Pueden ser cambios tecnológicos, cambios en diseños y/o procesos productivos. Las acciones preventivas, son consideradas en los modelos de gestión como la vía óptima para los manejos de los impactos.
- *Costos de mitigación:* Se tratan de los costos en los que incurre el agente económico para amortiguar un impacto ambiental, dado que no fue posible evitarlos durante el proceso de establecimiento y operación. Dado que la naturaleza de estos costos son remediales o correctivos, generalmente son los más altos de las actividades de gestión ambiental. Pueden ser tanto egresos en dinero por concepto de ejecución de los programas, como de las obras e infraestructuras correspondientes.
- *Costos de reposición:* Se refiere al costo de reponer un activo ambiental que fue alterado o destruido dado un proyecto de desarrollo. En la mayoría de los casos es imposible reponerlo o reemplazarlo con algo equivalente.
- *Costos compensatorios:* Son aquellos en los que se incurre para compensar un daño a un activo ambiental que no puede ser repuesto.

La idea de identificar y aclarar la diferencia entre la conceptualización que se tiene de costos ambientales, es porque de ser incluidos por algún evaluador en la metodología que se planteará en el trabajo afectará su etapa de evaluación financiera con los mismos. Principalmente se basa en la identificación y cuantificación de los costos futuros, distribuidos entre los que serán por prevención, mitigación, reposición y compensación, en los flujos de caja libres para el cálculo del retorno de la inversión. Es importante tener en cuenta que unos altos costos de gestión ambiental, que no se tengan en cuenta en la evaluación financiera de un proyecto, puede desencadenar la no viabilidad de un proyecto.

2.2.5 EVALUACIÓN DE PROYECTOS PÚBLICOS

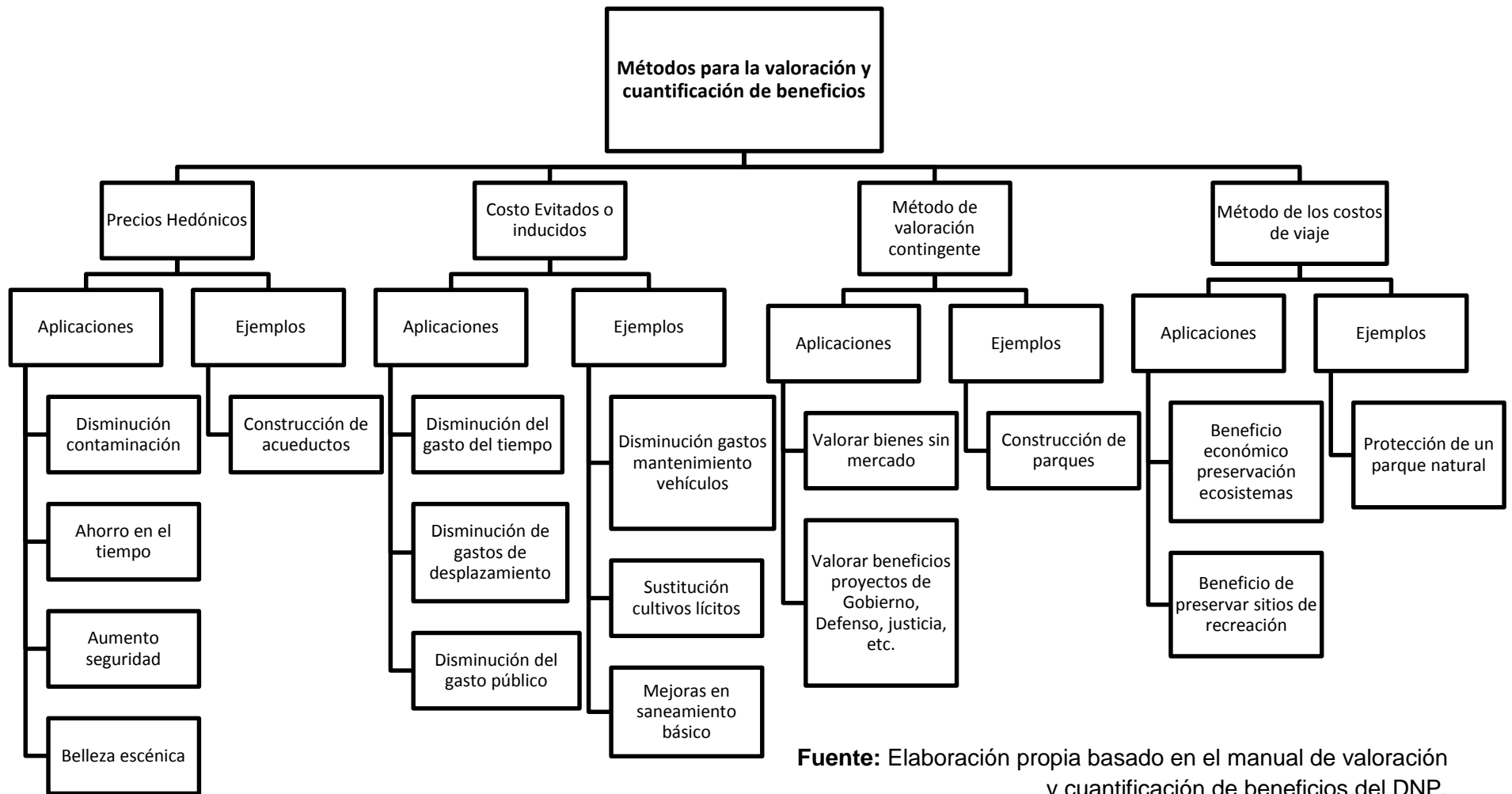
El Departamento Nacional de Planeación de Colombia (DNP) posee manuales que pueden usarse de referencia para la formulación y evaluación de proyectos públicos de inversión; y para la valoración y cuantificación de beneficios difíciles de materializar con las teorías financieras del sector privado.

Según el “Manual de soporte conceptual, metodología general para la formulación y evaluación de proyectos” del DNP, todo proyecto de inversión pública deben generar un beneficio económico y social, llamado Tasa Social de Descuento (TSD) mínimo del 12%. Por tanto, esta tasa para proyectos públicos es equiparable a la TIO de los proyectos privados; que corresponde a la rentabilidad mínima que se espera que retornen los recursos invertidos.

El mismo manual, documenta que los indicadores para evaluación financiera de alternativas de proyectos de costos sin beneficios documentados cuantificables son los indicadores de costo mínimo; como son el VPC Valor Presente de los Costos y el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE). Como es el caso del proyecto que se desarrollará en el caso de estudio.

A continuación se especifican las principales aplicaciones y ejemplos de los diversos métodos para la valoración y cuantificación de beneficios de proyectos sociales según el “Manual de valoración y cuantificación de beneficios” del DNP.

Figura 8. Métodos para la valoración y cuantificación de beneficios.



Fuente: Elaboración propia basado en el manual de valoración y cuantificación de beneficios del DNP.

2.3 MARCO SITUACIONAL

La metodología propuesta tendrá aplicabilidad en Colombia, su desarrollo se realizó en Pereira en el proyecto “La vía localizada entre la avenida 30 de Agosto y el aeropuerto internacional Matecaña de Pereira”. Este es un proyecto de desarrollo de la ciudad que busca la ampliación integral del aeropuerto desde su capacidad hasta sus vías de acceso, y mejorar la movilidad para los habitantes de Pereira y viajeros de otras ciudades que buscan este aeropuerto como mejor opción de salida para sus viajes.

Este proyecto es del Municipio de Pereira, trabajado con la información suministrada por la empresa Ingeniería y Estudios Ltda, con autorización de acceso a la información de la Alcaldía de Pereira para fines académicos.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se desarrolló el método (científico), el cual, según César Augusto Bernal en “Ciencia en el contexto Económico y Administrativo” indica que el mundo necesita un nuevo paradigma de desarrollo enfocado a la responsabilidad social en los proyectos de inversión, dado que es una realidad que actualmente se ignora. Es por esto que se siguieron una serie de pasos evocando metodologías vigentes actualmente aplicadas en nuestra región para obtener como resultado la metodología que se propone como tema de investigación.

Por otra parte, en la metodología propuesta será utilizado el método AHP enunciado anteriormente, como el elemento enlazador entre las variables y criterios financieros con los ambientales y sus efectos en el proyecto. La priorización de los criterios y sub-criterios de decisión serán realizados a través del juicio de expertos en las áreas de interés. Por otra parte, los sub-criterios para el eje ambiental estarán basados en la metodología presentada posteriormente de Martínez, Renson (2010) y sus criterios para la cuantificación del nivel de impacto neto para los factores ambientales vulnerados por el proyecto. Luego, la relación entre los criterios ambientales y financieros nos dará un escalafón de viabilidad conjunta para todas las alternativas en consideración.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se elaboró una investigación aplicada dado que se relacionaron herramientas tanto ambientales como financieras para el desarrollo de una metodología de evaluación de proyectos de inversión que generen impactos en los factores ambientales. Dicha aplicación se realizó en un proyecto real de la ciudad de Pereira.

3.3 TIPOS DE ESTUDIOS

En la investigación se realizó un estudio descriptivo-explicativo, ya que se describieron las metodologías actuales de evaluación financiera y de impacto ambiental de proyectos de inversión; además de la metodología que se diseñó en el trabajo de acuerdo a la correlación tanto de las variables financieras como ambientales consideradas.

3.4 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

3.4.1 ESPACIAL

El estudio tuvo su delimitación espacial en Colombia.

3.4.2 TEMPORAL

La investigación se desarrolló durante 5 meses calendario a partir de la entrega y aprobación del anteproyecto.

3.4.3 DEMOGRÁFICA

Proyectos de inversión que afectan factores ambientales en Colombia.

3.4.4 TEMÁTICA

Evaluación de proyectos de inversión con herramientas financieras y ambientales.

3.5 VARIABLES E INDICADORES

3.5.1 DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Con el fin de generar una Operacionalización de las variables en el presente proyecto de investigación, se realiza una definición de las mismas, en función de los factores e indicadores a medir, construyendo así una tabla con la descripción, clasificación y escala de cada una, la cual se presenta a continuación:

Tabla 3. Descripción y Clasificación de Variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	ESCALA	INDICADOR	SUBVARIABLE
INTENSIDAD	POTENCIALIDAD PARA CAUSAR EFECTOS NEGATIVOS	CUALITATIVA ORDINAL	MUY BAJA, BAJA, MODERADA BAJA, MEDIA, MODERADA ALTA, ALTA Y MUY ALTA.	RANGO DE ESCALA	NA
REVERSIBILIDAD	POSIBILIDAD DE RETORNAR A LAS CONDICIONES INICIALES	CUALITATIVA ORDINAL	FUGAZ, CORTO PLAZO, MEDIANO PLAZO Y IRREVERSIBLEL	RANGO DE ESCALA	NA
EXTENSIÓN	ES LA ACCIÓN Y EFECTO QUE BUSCA DETERMINAR EL ÁREA O LA ZONA GEOGRÁFICA DONDE SE EVIDENCIA EL IMPACTO AMBIENTAL.	CUALITATIVA ORDINAL	PUNTUAL, LOCAL, REGIONAL, NACIONAL Y TRASNACIONAL	RANGO DE ESCALA	NA
PERIODICIDAD	ES LA REGULARIDAD DE LA MANIFESTACIÓN DEL EFECTO.	CUALITATIVA ORDINAL	IRREGULAR, PERIÓDICO Y CONTÍNUO	RANGO DE ESCALA	NA
SINERGIA	ES COMO LA ACCIÓN DE DOS O MÁS CAUSAS CUYO EFECTO ES SUPERIOR A LA SUMA DE LOS EFECTOS INDIVIDUALES	CUALITATIVA ORDINAL	SIN SINERGISMO Y SINÉRGICO	RANGO DE ESCALA	NA
ACUMULACIÓN	INCREMENTO PROGRESIVO DE LA MANIFESTACIÓN DEL EFECTO	CUALITATIVA ORDINAL	SIMPLE Y ACUMULATIVO	RANGO DE ESCALA	NA

TIR	ES LA TASA DE RENDIMIENTO REAL DE UN PROYECTO SOBRE LA INVERSIÓN	CUANTITATIVA INTERVALAR	NÚMEROS REALES	NÚMEROS REALES	NA
TASA DE DESCUENTO	RENTABILIDAD MINIMA QUE SE DEBE GENERAR SOBRE LA INVERSIÓN PARA SATISFACER LOS RESULTADOS	CUANTITATIVA INTERVALAR	NÚMEROS REALES	NÚMEROS REALES	DEUDA, PATRIMONIO, NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL
VPN	ES LA UTILIDAD O PERDIDA A PESOS DE HOY, QUE PROVIENE DE INVERTIR EN EL PROYECTO	CUANTITATIVA INTERVALAR	NÚMEROS REALES	NÚMEROS REALES	NA

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 OPERACIONALIZACIÓN

Para las variables de tipo cualitativo, la Operacionalización fue la misma para los diferentes factores ambientales evaluados (Físico, Biótico y Cultura). Por lo tanto se relacionaran las variables una única vez.

Tabla 4. Operacionalización de Variables

VARIABLE: TIR		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: ES LA TASA DE RENDIMIENTO REAL DE UN PROYECTO SOBRE LA INVERSIÓN		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: ES LA RENTABILIDAD PRODUCTO DE LA REINVERSIÓN DE LOS FLUJOS NETOS DE EFECTIVO DENTRO DE LA OPERACIÓN PROPIA DEL NEGOCIO.
VARIABLE	MEDICIÓN	PREGUNTA
TIR	EVALUACIÓN Y RENTABILIDAD DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	¿ES VIABLE Y RENTABLE LA INVERSIÓN EN EL PROYECTO DE INVERSIÓN?

VARIABLE: TASA DE DESCUENTO		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: RENTABILIDAD MINIMA QUE SE DEBE GENERAR SOBRE LA INVERSIÓN PARA SATISFACER LOS RESULTADOS		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: ES LA TASA DE OPORTUNIDAD DEL DINERO O COSTO DE CAPITAL SUPONIENDO QUE SON IGUALES. MIDE LOS COSTOS EN QUE SE INCURRE EN EL PROYECTO O LA PERSONA POR UTILIZAR PARA OBTENER LOS FONDOS QUE SE DESTINAN A LAS INVERSIONES
VARIBLE	MEDICIÓN	PREGUNTA
TASA DE DESCUENTO	TASA DE OPORTUNIDAD DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	¿ES LA TASA DE DESCUENTO ACORDE AL PROYECTO DE INVERSIÓN?

VARIABLE: VPN		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: ES LA UTILIDAD O PÉRDIDA A PESOS DE HOY, QUE PROVIENE DE INVERTIR EN EL PROYECTO.		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: SE DEFINE COMO LA SUMA DEL VALOR PRESENTE DE LOS FLUJOS DE EFECTIVO INDIVIDUALES. EN EL CASO DE QUE TODOS LOS FLUJOS FUTUROS DE EFECTIVO SEAN DE ENTRADA Y LA ÚNICA SALIDA DE DINERO EN EFECTIVO ES EL PRECIO DE COMPRA, EL VALOR ACTUAL NETO ES SIMPLEMENTE EL VALOR ACTUAL DE LOS FLUJOS DE CAJA PROYECTADOS MENOS EL PRECIO DE COMPRA.
VARIBLE	MEDICIÓN	PREGUNTA
VPN	UTILIDAD A HOY DE LA INVERSIÓN	¿ES VIABLE LA INVERSIÓN DE ACUERDO AL VPN?

VARIABLE: INTENSIDAD		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: GRADO DE FUERZA CON QUE SE MANIFIESTA UN AGENTE NATURAL, UNA MAGNITUD FÍSICA, UNA CUALIDAD, UNA EXPRESIÓN, ENTRE OTROS.		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: GRADO DE INCIDENCIA DE LA ACCIÓN SOBRE EL FACTOR, EN EL ÁMBITO ESPECÍFICO QUE ACTÚA.
VARIABLE	MEDICIÓN	RANGOS
INTENSIDAD	POR VALORACIÓN DE EXPERTOS AMBIENTALES	MUY BAJA, BAJA, MODERADA BAJA, MEDIA, MODERADA ALTA, ALTA Y MUY ALTA.

VARIABLE: REVERSIBILIDAD		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: LA REVERSIBILIDAD ESTÁ RELACIONADA CON EL TIPO DE CAMBIO OCURRIDO SOBRE EL FACTOR AMBIENTAL, SIENDO NECESARIO CATEGORIZAR ENTRE IMPACTOS REVERSIBLES E IRREVERSIBLES.		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: POSIBILIDAD DE RETORNAR A LAS CONDICIONES INICIALES DEL FACTOR POR MEDIO NATURALES.
VARIABLE	MEDICIÓN	RANGOS
REVERSIBILIDAD	POR VALORACIÓN DE EXPERTOS AMBIENTALES	FUGÁZ, CORTO PLAZO, MEDIANO PLAZO E IRREVERSIBLE.

VARIABLE: EXTENSIÓN		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: ES LA EXTENSIÓN SE DEFINE COMO LA ACCIÓN Y EFECTO DE EXTENDERSE O LA MEDIDA DEL ESPACIO OCUPADO POR UN CUERPO.		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: ÁREA DE INFLUENCIA TEÓRICA DEL IMPACTO EN RELACIÓN CON EL ENTORNO DEL PROYECTO O PORCENTAJE DE ÁREA, RESPECTO AL ENTORNO, EN QUE SE MANIFIESTA EL EFECTO.

VARIBLE	MEDICIÓN	RANGOS
EXTENSIÓN O COBERTURA	POR VALORACIÓN DE EXPERTOS AMBIENTALES	PUNTUAL, LOCAL, REGIONAL, NACIONAL Y TRASNACIONAL.

VARIABLE: PERIODICIDAD		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: ES LA REGULARIDAD DE LA MANIFESTACIÓN DEL EFECTO y EL NIVEL DE CAMBIO AMBIENTAL QUE SE PRESENTA EN EL FACTOR AFECTADO		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: LA PERIODICIDAD ESTÁ RELACIONADA CON LA PERSISTENCIA DEL IMPACTO, DEBIDO A QUE UN IMPACTO CONTINUO PUEDE OCASIONAR LA PERMANENCIA DEL MISMO.
VARIBLE	MEDICIÓN	RANGOS
PERIODICIDAD	POR VALORACIÓN DE EXPERTOS AMBIENTALES	IRREGULAR, PERIÓDICO Y CONTÍNUO

VARIABLE: ACUMULACIÓN		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: ES UN INCREMENTO PROGRESIVO DE LOS IMPACTOS.		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: EL INCREMENTO PROGRESIVO DE LA MANIFESTACIÓN DEL EFECTO, CUANDO PERSISTE DE MANERA REITERADA LA ACCIÓN QUE LO GENERA.
VARIBLE	MEDICIÓN	RANGOS
ACUMULACIÓN	POR VALORACIÓN DE EXPERTOS AMBIENTALES	SIMPLE Y ACUMULATIVO

VARIABLE: SINERGIA		
DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE: ES LA ACCIÓN DE DOS O MÁS CAUSAS CUYO EFECTO ES SUPERIOR A LA SUMA DE LOS EFECTOS INDIVIDUALES.		DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE: ES LA ACCIÓN QUE SE PRODUCE CUANDO EL EFECTO CONJUNTO DE LA PRESENCIA SIMULTÁNEA DE VARIOS AGENTES SUPONE UNA INCIDENCIA AMBIENTAL MAYOR QUE EL EFECTO SUMA DE LAS INCIDENCIAS INDIVIDUALES CONTEMPLADAS DE MANERA AISLADA.
VARIBLE	MEDICIÓN	RANGOS
SINERGIA	POR VALORACIÓN DE EXPERTOS AMBIENTALES	SIN SINERGISMO Y SINÉRGICO

Fuente: Elaboración propia.

3.6 INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Toda la información que fue necesaria para la evaluación de impacto en el trabajo de campo fue registrada en las notas de campo de la siguiente de manera:

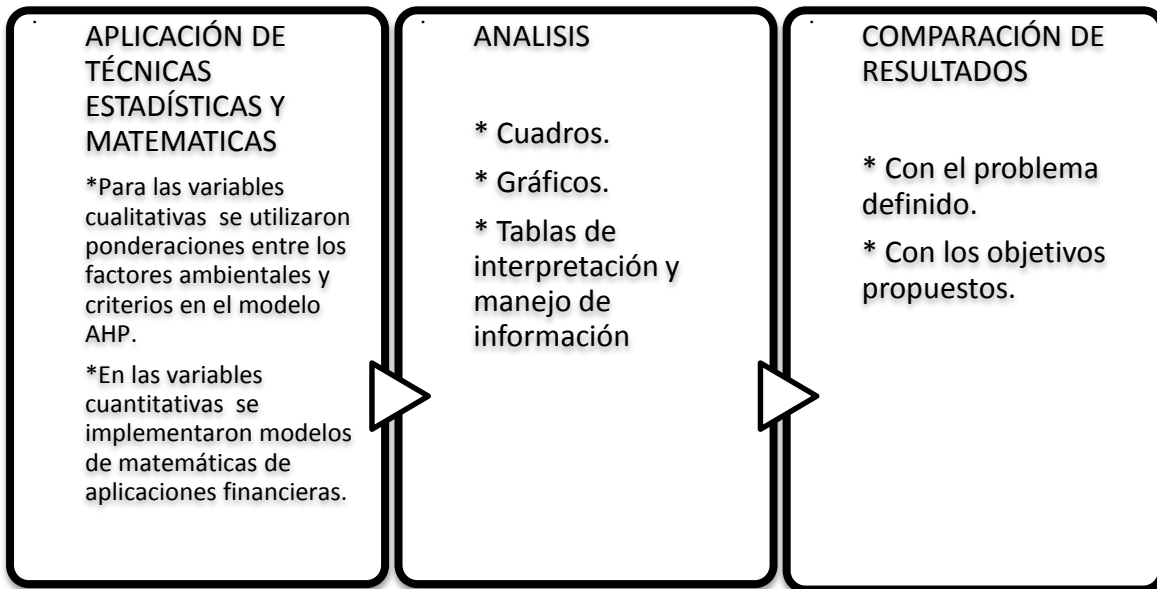
Tabla 5. Registro de campo de la información

ALTERNATIVA	FACTOR AMBIENTAL EFECTADO	IMPACTO EVALUADO	OBSERVACIONES

Para el trabajo de la información financiera fue necesario desarrollar de forma resumen, tablas por alternativa donde se incluyeran el período de inversión, los costos directos e indirectos de obra, costos generales de ejecución, valor del IVA y total flujo de costos de caja.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Figura 9. Procesamiento y Análisis de la Información



Fuente: Elaboración propia.

4. DIAGNÓSTICO

4.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo a la información suministrada entre el MUNICIPIO DE PEREIRA y el CONSULTOR INGENIERIA Y ESTUDIOS LTDA, se desarrolla la metodología de Evaluación Financiera y Ambiental utilizando el modelo AHP para el proyecto de “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA VÍA LOCALIZADA ENTRE LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA 30 DE AGOSTO CON LA AVENIDA VILLA OLÍMPICA – CARRERA 11 – BARRIO MATECAÑA – BARRIO LA LIBERTAD – HASTA LAS INSTALACIONES DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL MATECAÑA”. La finalidad del estudio es identificar entre las alternativas establecidas en el proyecto, cual es la mejor decisión de acuerdo a las variables financieras y ambientales definidas para su decisión.

Figura 10. Trazado con la alternativa D para el acceso al AIM



Fuente: Elaboración propia con Google Maps. Imagen tomada el 12/11/2016.

En la figura anterior, la línea amarilla representa el trazado de la vía de acceso al AIM desde el trébol de intersección de la avenida villa olímpica hasta el aeropuerto, tomando como referencia la alternativa D para el ascenso.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto seleccionado surge de la necesidad identificada del municipio de Pereira para atender el creciente número de vehículos matriculados, y la futura carencia de infraestructura según el POT que pueda atender esta creciente demanda. Por otra parte, las miras al crecimiento y remodelación del Aeropuerto Internacional Matecaña, como el aeropuerto central más importante de la región, fueron los principales determinantes a buscar una nueva alternativa de ingreso al mismo por la Cr. 11 desde el sur de la ciudad. Facilitando así el ingreso a las personas que vienen en dirección Sur – Norte, desde el Valle, Sur de la Ciudad, Cerritos, La Virginia, entre otros.

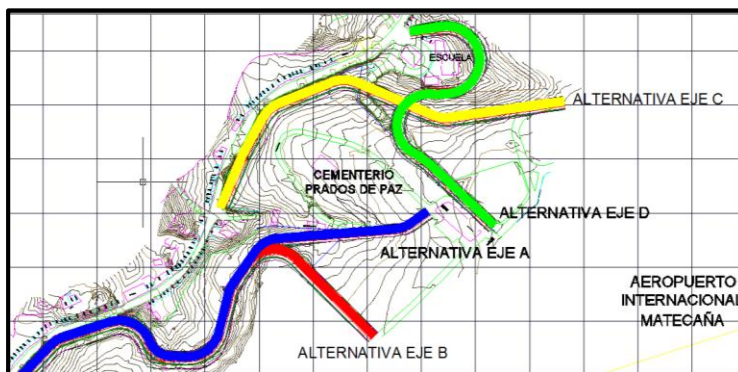
El nuevo acceso se define desde el trébol vial de la intersección de la avenida 30 de agosto con la avenida Villa Olímpica, comenzando su construcción desde el conjunto residencial Villa Olímpica y continuando por toda la carrera 11 a través del barrio Matecaña. Las variantes del proyecto se encuentran en la decisión de cómo ascender la ladera de la Cr. 11 hasta las instalaciones del aeropuerto.

A partir de esta premisa, surgen 4 alternativas (A, B, C y D de ahora en adelante) viables, pero sobre las cuales la interventoría de la alcaldía y el consultor debían tomar la decisión de cual alternativa era económica y técnicamente más viable para lograr el objetivo de acceso al Aeropuerto Internacional Matecaña (de ahora en adelante AIM).

El proyecto completo consta de la construcción de 4 tramos, 3 de ellos invariables ya que no existe posibilidad de realizar alternativas por su carencia de espacio, y uno de estos variable como lo es el de las alternativas A, B, C y D (tramo 3). A continuación el detalle de los tramos y de las alternativas:

- **Tramo 1:** Intercambiador vial tipo trébol entre la Av. 30 de Agosto y la Av. Villa Olímpica.
- **Tramo 2:** Cr. 11 hasta la intersección del barrio Gilberto Peláez.
- **Tramo 3:** Acceso al AIM por el barrio Nacederos
- **Tramo 4:** Puente peatonal y complementarios sobre la Av. 30 de Agosto

Figura 11. Descripción de las alternativas para acceso al AIM



Fuente: Informe final de consultoría: Estudios y diseños para la vía localizada entre la Av. 30 de Agosto y el Aeropuerto internacional Matecaña. Alcaldía de Pereira e Ingeniería y Estudios Ltda.

A continuación se detalla información extraída del mismo documento para aclarar de forma visual las alternativas para subir al aeropuerto, y algunas ventajas y desventajas indicadas por la firma de consultoría de cada una.

ALTERNATIVA A

Figura 12. Trazado Alternativa A



Fuente: Informe final de consultoría: Estudios y diseños para la vía localizada entre la Av. 30 Agosto y el Aeropuerto internacional Matecaña. Alcaldía de Pereira e Ingeniería y Estudios Ltda.

DESVENTAJAS:

- Es la longitud más larga.
- Requiere la construcción de muros de 4 metros de altura en 135 metros longitudinales.
- Afecta el cementerio.
- Es la solución más costosa.

ALTERNATIVA B

Figura 13. Trazado Alternativa B



Fuente: Informe final de consultoría: Estudios y diseños para la vía localizada entre la Av. 30 Agosto y el Aeropuerto internacional Matecaña. Alcaldía de Pereira e Ingeniería y Estudios Ltda.

VENTAJAS:

- Tiene menor longitud que la alternativa A.
- Ofrece acceso directo al aeropuerto para el abastecimiento de los tanques de combustible.
- Volumen de rellenos bajo.

DESVENTAJAS:

- Afecta el cementerio.
- Sigue siendo una longitud larga.
- Se convierte en una vía privada ya que accede a zonas restringidas del aeropuerto.
- Sigue siendo una solución costosa.

ALTERNATIVA C

Figura 14. Trazado Alternativa C



Fuente: Informe final de consultoría: Estudios y diseños para la vía localizada entre la Av. 30 Agosto y el Aeropuerto internacional Matecaña. Alcaldía de Pereira e Ingeniería y Estudios Ltda.

VENTAJAS:

- Es la segunda alternativa más corta (tiene mayor longitud que la alternativa D).
- Ofrece acceso directo a la plataforma de entrada para pasajeros.
- Volumen de rellenos bajo.
- Es menos costosa que las alternativas anteriores.

DESVENTAJAS:

- Debe estudiarse con mayor detalle para reducir la pendiente longitudinal hasta el 7%.
- Requiere la construcción de muros hasta de 3 metros de altura en 246 metros longitudinales.
- Afecta la zona baja del cementerio.

ALTERNATIVA D

Figura 15. Trazado Alternativa D



Fuente: Informe final de consultoría: Estudios y diseños para la vía localizada entre la Av. 30 Agosto y el Aeropuerto internacional Matecaña. Alcaldía de Pereira e Ingeniería y Estudios Ltda.

VENTAJAS:

- Es la alternativa más corta de todas. El volumen de cortes es más bajo que las otras alternativas y por ende, aparentemente es menos costosa que las alternativas anteriores.
- No afecta el cementerio
- El ingreso de vehículos puede manejarse con la glorieta

DESVENTAJAS:

- Requiere la construcción de muros hasta de 5 metros de altura en 80 metros longitudinales.
- Afecta una franja pequeña del zoológico
- Requiere del traslado de la Escuela.

La decisión final del grupo de consultoría y de la Alcaldía de Pereira fue por la construcción de todos los tramos y en el tramo 3, la ejecución de la alternativa D, con unas modificaciones de pendiente, dadas las ventajas y desventajas antes expuestas. Siendo además la afectación al cementerio uno de los elementos más importantes a la hora de la toma de decisión.

4.3 METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA TOMA DE DECISIÓN

Como se ha desarrollado a lo largo del documento, el eje central de la investigación se basa en la interacción para la toma de decisión de las finanzas clásicas para la evaluación de proyectos, y la metodología adaptada para Colombia de la EIA desarrollada por Renson Martínez (2010). Con la información obtenida de ambos estudios, se plantea la combinación de la información para la toma de decisiones con el método AHP de decisión multi-objetivo adaptado al proceso del EIA en Colombia, obteniendo como salida del modelo, un escalafón de priorización de las alternativas, teniendo en cuenta sus evaluaciones cuantitativas y cualitativas de todas las variables decisorias.

A continuación, se especificarán los diagramas de flujo de cada etapa, para así facilitar la comprensión y aplicación de las herramientas al lector. Partiendo en todos los casos del supuesto que las alternativas de inversión ya fueron identificadas para el proyecto a evaluar.

4.3.1 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera de las alternativas debe realizarse identificando si los proyectos son del sector privado o del público. Esto con el fin de comprender si la inversión debe suponer un retorno sobre el capital invertido, o si deben ser calculados los beneficios de la inversión pública, según se presentó en el capítulo anterior con base a las metodologías del DNP. O de lo contrario, si el proyecto es público de sólo costos, como es el caso del trabajado en el proyecto de la vía al aeropuerto.

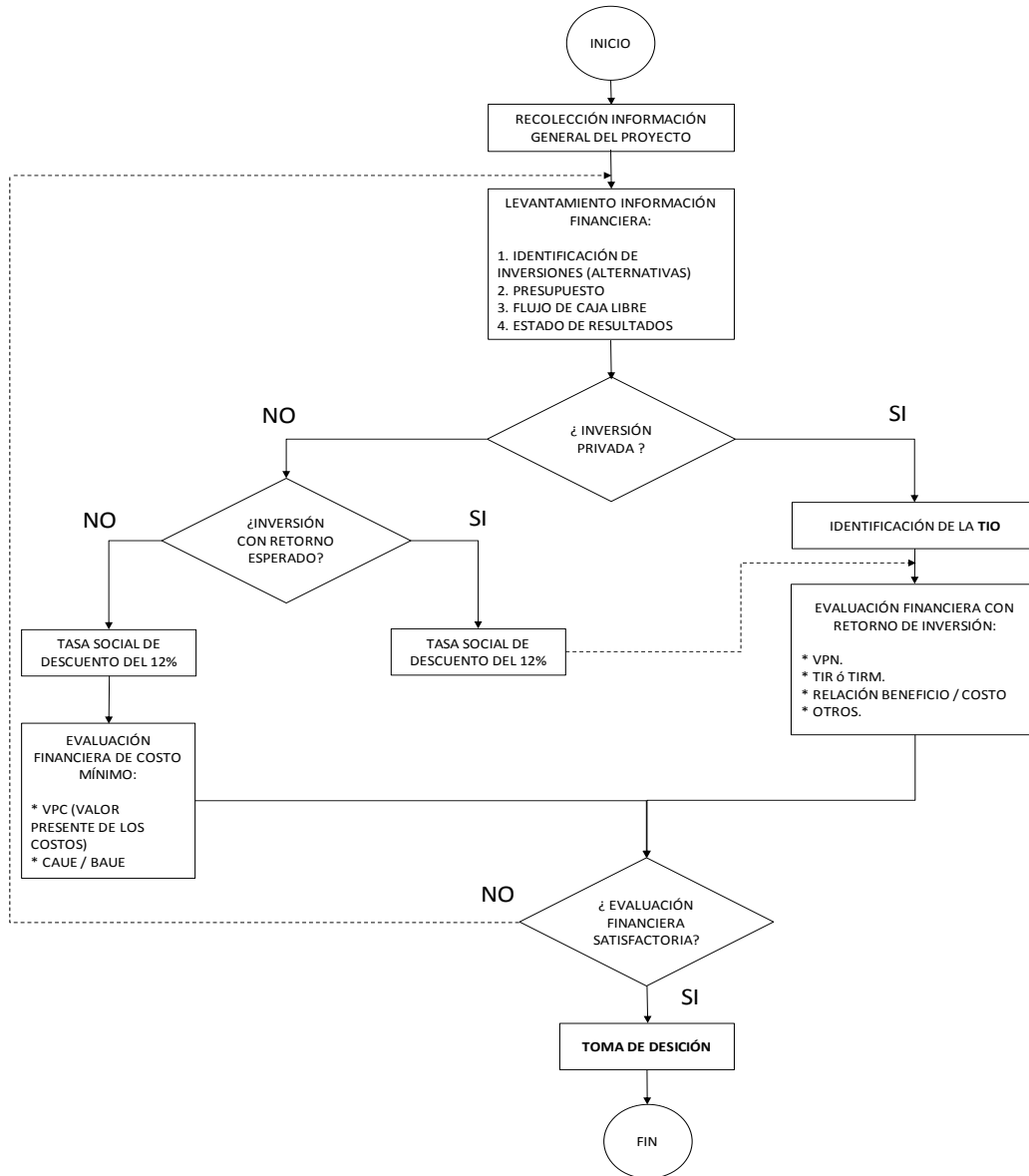
Para cada caso especial existen metodologías de evaluación clásica de proyectos, algunas expuestas anteriormente, o de libre elección según el evaluador. Podrían suponerse simulaciones de riesgo financiero, considerando variaciones exógenas al proyecto, o riesgos internos durante su ejecución, entre otras.

Al final, se deben tener por cada alternativa evaluada, los resultados cuantitativos de la inversión, que nos servirán posteriormente como variable de entrada al modelo AHP para ponderar la importancia relativa de las alternativas sobre el indicador financiero deseado en el modelo.

A continuación se resume a través de un diagrama de flujo, el proceso de decisión y operación de esta etapa del modelo para facilitar la comprensión al lector.

Figura 16. Diagrama de Flujo de Evaluación Financiera

EVALUACIÓN FINANCIERA



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL

La intensión principal de este trabajo es proporcionar una metodología que permita evaluar conjuntamente las finanzas y el impacto ambiental en Colombia. Es por esto, que para la EIA se trabajó con una metodología adaptada por el Msc. Renson Martínez, presentada en su tesis para optar al título de Msc. En Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia. Martínez (2010) presenta en su trabajo un barrido a través de los diferentes métodos para la evaluación de impacto mundialmente aceptados, y las diferentes variables y condiciones que han trabajado. Así introduce cuales variables para cuantificar el impacto son las mejores según las condiciones de nuestro país. A su vez, introduce el concepto del cálculo de la importancia ambiental en función de la calidad ambiental (De ahora en adelante $I_{(CA)N}$), con la cual se clasifican los niveles de impacto de las diferentes actividades del proyecto.

Con estos $I_{(CA)N}$ obtenidos de evaluar los distintos impactos generados por alternativa es que se debe ponderar cuantitativamente el impacto relativo en el modelo AHP. A continuación se revisará la metodología propuesta de forma breve, para mayor información, revisar el capítulo 5.2 de Martínez (2010). Cómo síntesis de la propuesta metodológica se tiene la siguiente tabla para calcular el $I_{(CA)N}$ en función de las calificaciones cualitativas:

Tabla 6. Calificación Cualitativa de las Variables para calcular el $I_{(CA)N}$

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1
			Baja	2
			Moderada Baja	3
			Media	4
			Moderada Alta	5
			Alta	6
			Muy Alta	7
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1
			Local	2
			Regional	3
			Nacional	4
			Trasnacional	5
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0
			Sinérgico	2
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0
			Acumulativo	2
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1
			Periódico	3
			Contínuo	5
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1
			A corto plazo	3
			A mediano plazo	5
			Irreversible	7
TOTAL		100%	Máximo	28
			Mínimo	4

Fuente: Adaptado de Martínez (2010)

Las definiciones de todas las variables están resumidas en la documentación de las variables de medición del capítulo 3.5. Las mismas son medidas directamente, salvo la intensidad, entendida como la medida de la fuerza con la cual se presenta el impacto sobre el factor, Martínez propone asociarla con el Potencial de Impacto de la Actividad (IAP) y con la Vulnerabilidad Ambiental del Factor (V); a través de estas dos, es posible estimar qué tan impactante es la acción, y qué tan vulnerable el factor, entonces de manera indirecta se puede determinar qué tan fuerte o intenso es el impacto.

Tabla 7. Valoración Cualitativa de IAP del Análisis de la Intensidad y Vulnerabilidad

Análisis Intensidad		
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP
IAPa	I. A. Potencial Alto	5
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1
Análisis Vulnerabilidad		
SIGLA	Valoración Cualitativa de V	Valoración Cuantitativa del V
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1

Fuente: Adaptado de Martínez (2010)

A continuación se presentan las combinaciones de la suma de IAP + V para trasladar la calificación cuantitativa según estas dos sub-variables, para encontrar la intensidad de las variables del modelo general.

Tabla 8. Calificación Cuantitativa de la Intensidad

IAP + V	Calificación Cuantitativa (Intensidad)
10	7
9	6
8	5
7	5
6	4
5	3
4	3
3	2
2	1

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, una vez definidos los atributos que desde el punto de vista conceptual se consideran más pertinentes para la EIA en Colombia, se propone la siguiente ecuación, para el cálculo de la importancia ambiental en función de la calidad ambiental $I_{(CA)N}$.

$$I_{CA} = \pm(\textit{Intensidad} + \textit{Extensión} + \textit{Sinergia} + \textit{Acumulación} + \textit{Periodicidad} + \textit{Reversibilidad})$$

Una vez se calcula el I_{CA} , este debe ser normalizado para determinar de forma adecuada la importancia de cada impacto. Por tanto el autor propone normalizar con base a la calificación máxima y mínima:

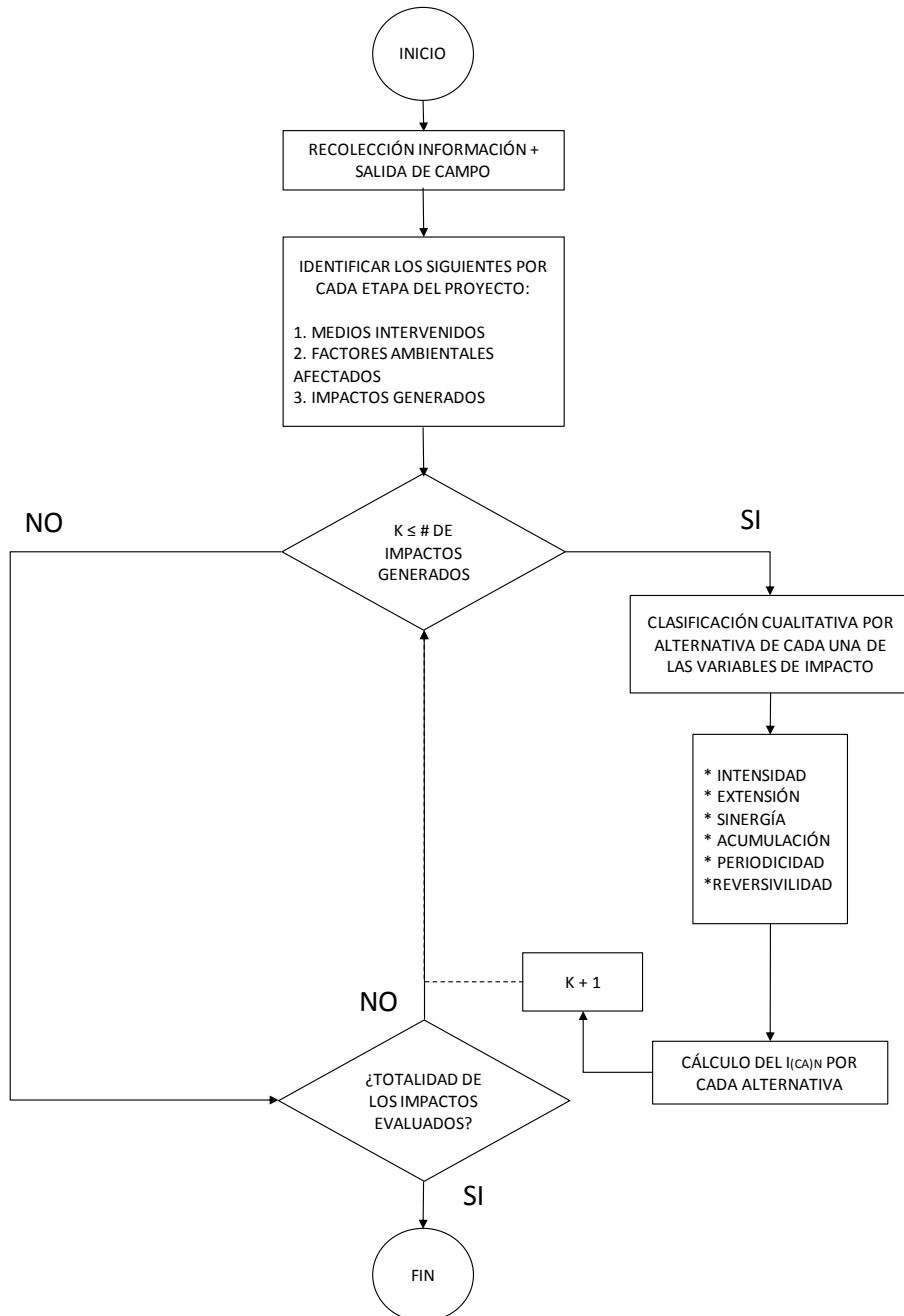
$$I_{(CA)N} = \frac{\pm(|I_{CA}| - 4)}{(28 - 4)} * 100$$

Este $I_{(CA)N}$ es el que permite en la metodología desarrollada comparar todas las alternativas según su grado de importancia en la alteración en la calidad ambiental por cada factor, en cada medio según la actividad de impacto evaluada. Este resultado cuantitativo es el que permite normalizar las preferencias de las alternativas en el AHP final para realizar las operaciones matriciales, sin necesidad de incurrir en valoraciones cualitativas subjetivas, sino más bien, que el modelo se apoye en un proceso documentado y válido para Colombia para realizar la respectiva matriz de preferencias del modelo.

A continuación se resume a través de un diagrama de flujo, el proceso de evaluación ambiental de esta etapa del modelo para facilitar la comprensión al lector.

Figura 17. Diagrama de Flujo de la Evaluación Ambiental según Renson Martínez 2010

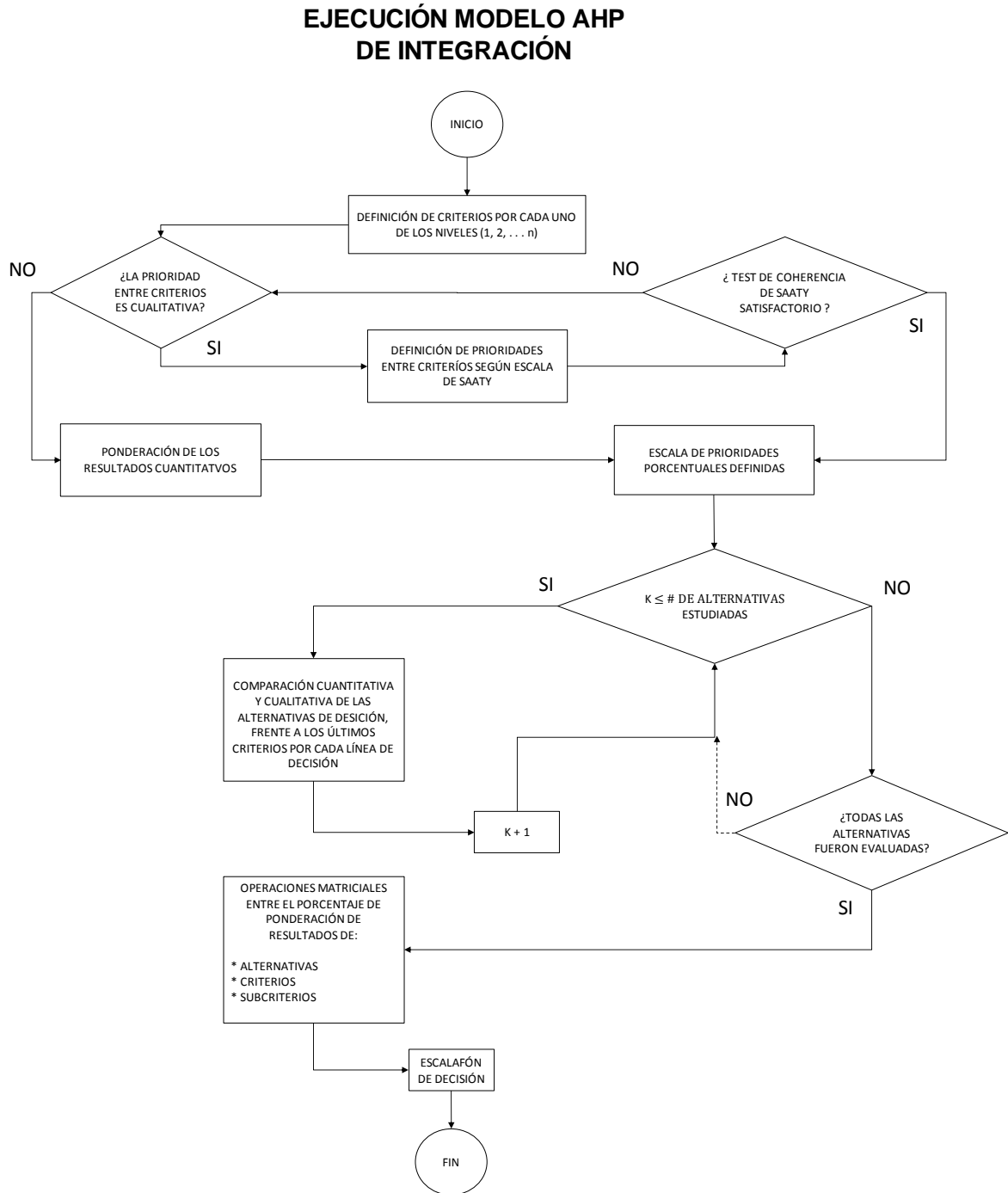
EVALUACIÓN AMBIENTAL EIA RENSON MARTÍNEZ 2010



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 EJECUCIÓN DEL MODELO AHP DE INTEGRACIÓN

Figura 18. Diagrama de Flujo de la Ejecución del Modelo AHP



Fuente: Elaboración propia.

En esta sección se presentará como relacionar la información financiera y de impacto ambiental obtenida en las secciones anteriores. La sustentación teórica para comprender el modelo AHP se encuentra en el capítulo 2.2.5 de este documento. Para mayor profundización revisar Saaty (2008 y 2012).

El resumen metodológico de integración se presenta en el diagrama de flujo anterior. Se define cuando realizar evaluación con la escala de comparación de Saaty en los casos donde las variables a parear sean del orden cualitativo; sino, al realizar la evaluación cuantitativa entre criterios o resultados directos de las alternativas, estos pueden ser tomados directamente como factores de ponderación, según la teoría de trasladar las escalas de comparación de 1 a 9, a 1 a $+\infty$ (Saaty 2012).

Una vez se establecen las matrices de comparación de criterios o sub-criterios, se deben realizar las operaciones matriciales para encontrar el peso o W_i de los mismos. Los cuales son las herramientas de ponderación final. A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación real del proyecto del aeropuerto, el significado de comparación según la escala de Saaty, y como llegar a la importancia relativa W_i para dicho caso.

AMBIENTAL	FÍSICO	BIÓTICO	CULTURAL	
FÍSICO		1.00	2.00	0.17
BIÓTICO		1/2	1.00	0.20
CULTURAL		6.00	5.00	1.00
SUMA		7.50	8.00	1.37

↑

1° Sumas de Columnas, $S_j = \sum_{i=0}^n X_{i,j}$

AMBIENTAL	FÍSICO	BIÓTICO	CULTURAL	PUNTOS	
FÍSICO		0.13	0.25	0.12	0.17
BIÓTICO		0	1/8	0.15	0.11
CULTURAL		0.80	0.63	0.73	0.72
SUMA		1.00	1.00	1.00	1

↑

2° Normalizar Preferencias, $\frac{X_{i,j}}{\sum_{i=0}^n X_{i,j}}$

↑

3° Promedio Filas, $W_i = \sum_{j=0}^n \left[\frac{X_{i,j}}{\sum_{i=0}^n X_{i,j}} \right] / N$

Donde N = Número de criterios.

Por otra parte, según la teoría del modelo AHP, es necesario realizar para las matrices mayores a 2 criterios un test de coherencia, para validar la no aleatoriedad de las importancias relativas dadas por el grupo de expertos. Este test de coherencia debe ser comparado con el Índice de coherencia aleatorio de Saaty presentado en la siguiente tabla, y a continuación se realizará un ejemplo detallado de cómo realizar los cálculos de los vectores propios.

Tabla 9. Índice de coherencia Medio

INDICE DE COHERENCIA MEDIO	
DIMENSIÓN DE LA MATRIZ	COHERENCIA ALEATORIA (ACI)
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Fuente: Elaboración propia basado en la tesis doctoral “Modelisation Technico-Economique d`une chaine Logistique dans une entreprise reseau”. Hammami, Abdelkader (2003).

Así, después de hallar los W_i se debe calcular el valor máximo del vector propio de las matrices de comparación, realizando el producto entre la matriz base A y el vector resultante de los W_i , como se observa en la siguiente operación:

1)

AMBIENTAL	FÍSICO	BIÓTICO	CULTURAL
FÍSICO	1.00	2.00	0.17
BIÓTICO	1/2	1	0.20
CULTURAL	6.00	5.00	1.00

$$\times \begin{matrix} W \\ 0.17 \\ 0.11 \\ 0.72 \end{matrix} = \begin{matrix} \lambda_{max} w \\ 0.51 \\ 0.34 \\ 2.29 \end{matrix}$$

$A * W = \lambda_{max} W$

Luego se procede a Hallar el λ_{max} dividiendo el $\lambda_{max} W$ sobre el vector de los W_i .

2)

$\lambda_{max} w/w$	3.05	3.02	3.19
---------------------	------	------	------

$$\lambda_{max} = \lambda_{max} W / W$$

3)

λ_{max} 3.09

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=0}^n \lambda_{max} w/w}{N}$$

Por último y después de hallar el λ_{max} se debe realizar el test de coherencia encontrando la razón de coherencia y siendo esta comparado con el índice de aleatoriedad de Saaty. Si esta razón es menor a 10%, entonces el test es coherente y se pueden trabajar las comparaciones como fueron dadas. Si no, quiere decir que hay incoherencia entre las preferencias; por tanto, estas deben ser revisadas y realizadas nuevamente con el grupo de expertos.

4) INDICE DE COHERENCIA IC = 0.04

5) RATIO DE COHERENCIA IA = 0.58
RC = 0.08 ≤ 0.10 → COHERENTE

$$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}, \text{ donde IA es el índice de coherencia medio aleatorio de Saaty}$$

Una vez se repiten todas las iteraciones de las ponderaciones y las pruebas de aleatoriedad, se tienen todos los pesos y ponderaciones de importancias de todos los criterios y sub-criterios, además de las ponderaciones de los desempeños de las alternativas sobre cada criterio inferior de las líneas de análisis, para proceder así con las operaciones matriciales de los niveles inferiores a los superiores para obtener el escalafón de prioridades final, y así tomar una decisión de la mejor inversión.

4.3.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA

En esta sección se documentarán todos los resultados de la aplicación del modelo en el proyecto trabajado de la vía del aeropuerto de Pereira. Desde la fundamentación financiera, la evaluación de impacto ambiental y la integración a través del modelo AHP.

A continuación se listan las 4 matrices de comparación según las escalas de Saaty de preferencia para los 3 niveles y criterios seleccionados en el proyecto. Además, de sus resultados de W_i para las prioridades y sus respectivos Test de Coherencia para validar la objetividad y no aleatoriedad de las prioridades dadas, de acuerdo a cada una de las variables.

Es así que se obtiene como resultado para el 1er nivel igual W_i en importancia, una prioridad en el 2do nivel al factor cultural en la variable ambiental, mayor importancia en el factor geomorfológico en la variable Física del 3er nivel y un mayor valor de acuerdo a la escala de Saaty al factor de cobertura vegetal dentro de los factores y variables bióticas del proyecto.

CRITERIOS DE DECISIÓN

NIVEL 1°

	FINANZAS	AMBIENTAL
FINANZAS	1.00	1.00
AMBIENTAL	1.00	1.00
SUMA	2.00	2.00

	FINANZAS	AMBIENTAL	PUNTOS
FINANZAS	0.50	0.50	0.50
AMBIENTAL	1/2	1/2	0.50
SUMA	1.00	1.00	1.00

NIVEL 2°

AMBIENTAL	FÍSICO	BIÓTICO	CULTURAL
FÍSICO	1.00	2.00	0.17
BIÓTICO	1/2	1.00	0.20
CULTURAL	6.00	5.00	1.00
SUMA	7.50	8.00	1.37

AMBIENTAL	FÍSICO	BIÓTICO	CULTURAL	PUNTOS
FÍSICO	0.13	0.25	0.12	0.17
BIÓTICO	0	1/8	0.15	0.11
CULTURAL	0.80	0.63	0.73	0.72
SUMA	1.00	1.00	1.00	1

NIVEL 3°

FÍSICO	HÍDRICO	GEOMORFOLÓGICO	SUELOS
HÍDRICO	1.00	0.25	0.50
GEOMORFOLÓGICO	4.00	1.00	4.00
SUELOS	2.00	0.25	1.00
SUMA	7.00	1.50	5.50

FÍSICO	HÍDRICO	GEOMORFOLOGICO	SUELOS	PUNTOS
HÍDRICO	0.14	0.17	0.09	0.13
GEOMORFOLOGICO	4/7	2/3	0.73	0.66
SUELOS	0.29	0.17	0.18	0.21
SUMA	1.00	1.00	1.00	1

BIÓTICO	COBERTURA VEGETAL	FAUNA
COBERTURA VEGETAL	1.00	4.00
FAUNA	0.25	1.00
SUMA	1.25	5.00

BIÓTICO	COBERTURA VEGETAL	FAUNA	PUNTOS
COBERTURA VEGETAL	0.80	0.80	0.80
FAUNA	1/5	1/5	0.20
SUMA	1.00	1.00	1

Dados los resultados se procede a realizar los Test de coherencia, los cuales dado el modelo y como se menciona anteriormente, estos solo se realizan para las matrices de decisión de 3x3 a nxn variables, por lo cual solo se desarrollan los test para los criterios de 2do y 3er nivel.

Es así, que se procede a la ejecución, donde cada matriz inicial se multiplica por su vector de W de prioridades dando como resultado el vector $\lambda_{max} w$, del cual se procede a dividir sobre el W obteniendo el λ_{max} y de este el IC y el RC, con los cual al RC ser menor o igual a 0,10 definido como parámetro se indica que la matriz de criterios es coherente y que no se sesgo el resultado.

TEST DE COHERENCIA

A) VALOR MAXIMO

1)

AMBIENTAL	FÍSICO	BIÓTICO	CULTURAL		W	=	$\lambda_{max} w$
FÍSICO	1,00	2,00	0,17	X	0,17		0,51
BIÓTICO	1/2	1	0,20		0,11		0,34
CULTURAL	6,00	5,00	1,00		0,72		2,29

2)

$\lambda_{max} w/w$	3,05	3,02	3,19
---------------------	------	------	------

3)

λ_{max}	3,09
-----------------	------

B) TEST DE COHERENCIA

4)

INDICE DE COHERENCIA	IC = 0,04
----------------------	-----------

5)

RATIO DE COHERENCIA	IA = 0,58	RC = 0,08	≤ 0,10	→ COHERENTE
---------------------	-----------	-----------	--------	-------------

En el presente proyecto ambas matrices a las cuales se les implemento el Test de Coherencia, los resultantes fueron óptimos y coherentes con el desarrollo del ejercicio.

A) VALOR MAXIMO

1)

FÍSICO	HÍDRICO	GEOMORFOLOGICO	SUELOS		W	=	$\lambda_{max} w$
HÍDRICO	1,00	0,25	0,50	X	0,13		0,40
GEOMORFOLOGICO	4	1	4,00		0,66		2,03
SUELOS	2,00	0,25	1,00		0,21		0,64

2)

$\lambda_{max} w/w$	3,02	3,11	3,04
---------------------	------	------	------

3)

λ_{max}	3,05
-----------------	------

B) TEST DE COHERENCIA

4)

INDICE DE COHERENCIA	IC = 0,03
----------------------	-----------

5)

RATIO DE COHERENCIA	IA = 0,58	RC = 0,05	≤ 0,10	→ COHERENTE
---------------------	-----------	-----------	--------	-------------

A continuación se presentan los flujos de caja para la totalidad del proyecto, variando las alternativas del tercer tramo para subir a las instalaciones del aeropuerto, según se presentó anteriormente.

FLUJO DE INVERSIÓN VÍA AEROPUERTO

ALTERNATIVA (A)

FLUJO DE INVERSIÓN	AÑO - 0	AÑO - 1	AÑO - 2	AÑO - 3
PRELIMINARES	\$ 2.964.779,00	\$ 2.869.159,00	\$ 756.342,00	\$ -
REDES DE ALCANTARILLADO, ELECTRICAS Y ACOMETIDAS ESPECIALES	\$ 1.804.990,00	\$ 4.147.750,00	\$ 1.856.028,00	\$ 126.438,00
NIVELACIONES, BASES, VÍAS Y PUENTES	\$ 5.240.757,00	\$ 14.521.694,00	\$ 14.601.659,00	\$ 721.522,00
TRANSITO Y COMPLEMENTARIOS	\$ 248.987,00	\$ 1.367.623,00	\$ 583.145,00	\$ 125.750,00
GESTIÓN AMBIENTAL	\$ 23.200,00	\$ 41.971,00	\$ 52.476,00	\$ 8.746,00
COSTOS DIRECTOS DE OBRA	\$ 10.282.713,00	\$ 22.948.197,00	\$ 17.849.650,00	\$ 982.456,00
AU	\$ 2.550.551,00	\$ 5.353.352,00	\$ 3.809.383,00	\$ 201.894,00
COSTOS GENERALES DIRECTOS DE OBRA	\$ 12.833.264,00	\$ 28.301.549,00	\$ 21.659.033,00	\$ 1.184.350,00
COSTOS INDIRECTOS DE OBRA (LEGALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA)	\$ 36.356,00	\$ 170.212,00	\$ 172.856,00	\$ -
AU	\$ 4.082,00	\$ 18.728,00	\$ 19.412,00	\$ -
COSTOS TOTALES INDIRECTOS DE OBRA	\$ 40.438,00	\$ 188.940,00	\$ 192.268,00	\$ -
COSTOS GENERALES	\$ 12.873.702,00	\$ 28.490.489,00	\$ 21.851.301,00	\$ 1.184.350,00
IVA	\$ 82.236,00	\$ 183.380,00	\$ 143.086,00	\$ 7.810,00
TOTAL FLUJO MENSUAL	\$ 12.955.938,00	\$ 28.673.869,00	\$ 21.994.387,00	\$ 1.192.160,00

La alternativa A de acuerdo a los resultados del flujo mensual es la alternativa más costosa para la implementación y ejecución del proyecto, dada la alta inversión en nivelaciones, bases y vías nuevas a implementar paralelo con los costos Directos de Obra.

FLUJO DE INVERSIÓN VÍA AEROPUERTO

ALTERNATIVA (B)

FLUJO DE INVERSIÓN	AÑO - 0	AÑO - 1	AÑO - 2	AÑO - 3
PRELIMINARES	\$ 2.903.695,00	\$ 2.840.859,00	\$ 756.342,00	\$ -
REDES DE ALCANTARILLADO, ELECTRICAS Y ACOMETIDAS ESPECIALES	\$ 1.729.775,00	\$ 3.974.403,00	\$ 1.856.028,00	\$ 126.438,00
NIVELACIONES, BASES, VÍAS Y PUENTES	\$ 4.388.322,00	\$ 12.903.146,00	\$ 14.601.659,00	\$ 721.522,00
TRANSITO Y COMPLEMENTARIOS	\$ 235.600,00	\$ 1.294.096,00	\$ 583.145,00	\$ 125.750,00
GESTIÓN AMBIENTAL	\$ 23.200,00	\$ 41.971,00	\$ 52.476,00	\$ 8.746,00
COSTOS DIRECTOS DE OBRA	\$ 9.280.592,00	\$ 21.054.475,00	\$ 17.849.650,00	\$ 982.456,00
AU	\$ 2.300.104,00	\$ 4.911.549,00	\$ 3.809.383,00	\$ 201.894,00
COSTOS GENERALES DIRECTOS DE OBRA	\$ 11.580.696,00	\$ 25.966.024,00	\$ 21.659.033,00	\$ 1.184.350,00
COSTOS INDIRECTOS DE OBRA (LEGALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA)	\$ 36.356,00	\$ 170.212,00	\$ 172.856,00	\$ -
AU	\$ 4.082,00	\$ 18.728,00	\$ 19.412,00	\$ -
COSTOS TOTALES INDIRECTOS DE OBRA	\$ 40.438,00	\$ 188.940,00	\$ 192.268,00	\$ -
COSTOS GENERALES	\$ 11.621.134,00	\$ 26.154.964,00	\$ 21.851.301,00	\$ 1.184.350,00
IVA	\$ 74.219,00	\$ 168.344,00	\$ 143.086,00	\$ 7.810,00
TOTAL FLUJO MENSUAL	\$ 11.695.353,00	\$ 26.323.308,00	\$ 21.994.387,00	\$ 1.192.160,00

FLUJO DE INVERSIÓN VÍA AEROPUERTO

ALTERNATIVA (C)

FLUJO DE INVERSIÓN	AÑO - 0	AÑO - 1	AÑO - 2	AÑO - 3
PRELIMINARES	\$ 2.561.634,00	\$ 2.682.385,00	\$ 756.342,00	\$ -
REDES DE ALCANTARILLADO, ELECTRICAS Y ACOMETIDAS ESPECIALES	\$ 1.308.581,00	\$ 3.003.655,00	\$ 1.856.028,00	\$ 126.438,00
NIVELACIONES, BASES, VÍAS Y PUENTES	\$ 2.941.799,00	\$ 8.761.601,00	\$ 14.601.659,00	\$ 721.522,00
TRANSITO Y COMPLEMENTARIOS	\$ 160.636,00	\$ 882.338,00	\$ 583.145,00	\$ 125.750,00
GESTIÓN AMBIENTAL	\$ 23.200,00	\$ 41.971,00	\$ 52.476,00	\$ 8.746,00
COSTOS DIRECTOS DE OBRA	\$ 6.995.850,00	\$ 15.371.950,00	\$ 17.849.650,00	\$ 982.456,00
AU	\$ 1.730.716,00	\$ 3.585.814,00	\$ 3.809.383,00	\$ 201.894,00
COSTOS GENERALES DIRECTOS DE OBRA	\$ 8.726.566,00	\$ 18.957.764,00	\$ 21.659.033,00	\$ 1.184.350,00
COSTOS INDIRECTOS DE OBRA (LEGALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA)	\$ 36.356,00	\$ 170.212,00	\$ 172.856,00	\$ -
AU	\$ 4.082,00	\$ 18.728,00	\$ 19.412,00	\$ -
COSTOS TOTALES INDIRECTOS DE OBRA	\$ 40.438,00	\$ 188.940,00	\$ 192.268,00	\$ -
COSTOS GENERALES	\$ 8.767.004,00	\$ 19.146.704,00	\$ 21.851.301,00	\$ 1.184.350,00
IVA	\$ 55.951,00	\$ 123.227,00	\$ 143.086,00	\$ 7.810,00
TOTAL FLUJO MENSUAL	\$ 8.822.955,00	\$ 19.269.931,00	\$ 21.994.387,00	\$ 1.192.160,00

En la alternativa D la cual según los resultados del flujo, es la alternativa de menor costo para la ejecución del proyecto, disminuyendo a más de un 55% en promedio los costes de Nivelaciones, bases y vías y a más de un 40% el rubro de costos directos de mano de obra.

FLUJO DE INVERSIÓN VÍA AEROPUERTO

ALTERNATIVA (D)

FLUJO DE INVERSIÓN	AÑO - 0	AÑO - 1	AÑO - 2	AÑO - 3
PRELIMINARES	\$ 2.439.470,00	\$ 2.625.785,00	\$ 756.342,00	\$ -
REDES DE ALCANTARILLADO, ELECTRICAS Y ACOMETIDAS ESPECIALES	\$ 1.158.152,00	\$ 2.656.965,00	\$ 1.856.028,00	\$ 126.438,00
NIVELACIONES, BASES, VÍAS Y PUENTES	\$ 2.339.408,00	\$ 7.155.575,00	\$ 14.601.659,00	\$ 721.522,00
TRANSITO Y COMPLEMENTARIOS	\$ 133.863,00	\$ 735.281,00	\$ 583.145,00	\$ 125.750,00
GESTIÓN AMBIENTAL	\$ 23.200,00	\$ 41.971,00	\$ 52.476,00	\$ 8.746,00
COSTOS DIRECTOS DE OBRA	\$ 6.094.093,00	\$ 13.215.577,00	\$ 17.849.650,00	\$ 982.456,00
AU	\$ 1.505.884,00	\$ 3.082.732,00	\$ 3.809.383,00	\$ 201.894,00
COSTOS GENERALES DIRECTOS DE OBRA	\$ 7.599.977,00	\$ 16.298.309,00	\$ 21.659.033,00	\$ 1.184.350,00
COSTOS INDIRECTOS DE OBRA (LEGALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA)	\$ 36.356,00	\$ 170.212,00	\$ 172.856,00	\$ -
AU	\$ 4.082,00	\$ 18.728,00	\$ 19.412,00	\$ -
COSTOS TOTALES INDIRECTOS DE OBRA	\$ 40.438,00	\$ 188.940,00	\$ 192.268,00	\$ -
COSTOS GENERALES	\$ 7.640.415,00	\$ 16.487.249,00	\$ 21.851.301,00	\$ 1.184.350,00
IVA	\$ 48.739,00	\$ 106.106,00	\$ 143.086,00	\$ 7.810,00
TOTAL FLUJO MENSUAL	\$ 7.689.154,00	\$ 16.593.355,00	\$ 21.994.387,00	\$ 1.192.160,00

Toda la información financiera para las variaciones de las alternativas, fue construida con el apoyo de las entidades que estuvieron al frente del trabajo de consultoría para la evaluación inicial de las alternativas y del proyecto en general de la vía de acceso al

aeropuerto. Esto debido a que el estudio inicial entregado al municipio de Pereira, consideró únicamente la alternativa D, y con base a esto se estructuró todo el proyecto.

A continuación se realiza la evaluación financiera según diagrama de flujo, donde el proyecto se considera como público de sólo costos, ya que no hubo una cuantificación del beneficio intrínseco de las variaciones en las vías por la alcaldía de Pereira. Es por esto, que se desarrolla su evaluación financiera como un proyecto de costo mínimo, con el TSD del 12% según se plantea en los documentos de inversión pública del Departamento Nacional de Planeación.

CAUE

Tasa Social de Descuento (TSD)	12%
--------------------------------	-----

	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
VP FC	56.939.953.35	53.580.653.17	44.410.597.13	40.886.996.13
CAUE	23.706.891.53	22.308.250.32	18.490.306.84	17.023.259.16
W AHP CAUE	29%	27%	23%	21%

Dado que se cuenta con información cuantitativa para la cuantificación de la importancia relativa para el primer nivel de la dimensión financiera, se puede encontrar directamente el W_i para estas comparaciones, normalizando los resultados de los CAUE de todas las alternativas vs. Su comportamiento global. Donde un menor peso, significa un mejor comportamiento de la alternativa sobre el indicador seleccionado.

En la siguiente sección, se presentan los resultados de la EIA realizada al proyecto para las diferentes alternativas, dados los impactos ambientales totales más representativos identificados en el trabajo de campo. Cada impacto, está relacionado con un factor ambiental afectado del tercer nivel, el cual corresponde a un medio específico representado en el segundo nivel del árbol de decisión. Los cuales a su vez, definen el impacto total generando en el primer nivel de decisión de la variable Ambiental.

Cada evaluación es realizada con la metodología de Renson Martínez (2010) y se presentan a continuación sus tablas resumen para cada uno de los 7 impactos trabajados en las alternativas del proyecto. Al final de cada una se evidencia $I_{(CA)N}$ calculado según la metodología, y su respectiva ponderación para el AHP.

HÍDRICOS - 1) PROFUNDIZACIÓN CAUSE QUEBRADAS POR AUMENTO CAUDAL

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR		Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1					
			Baja	2			2		
			Moderada Baja	3					
			Media	4		4			
			Moderada Alta	5				5	
			Alta	6					6
			Muy Alta	7					
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1		1	1	1	1
			Local	2					
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0		0	0	0	0
			Sinérgico	2					
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0		0	0	0	0
			Acumulativo	2					
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1			1		
			Periódico	3					
			Continuo	5		5		5	5
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1					
			A corto plazo	3					
			A mediano plazo	5					
			Irreversible	7		7	7	7	7
TOTAL		100%	Máximo	28	ICA	17	11	18	19
			Mínimo	4					
					I(CA)N	54%	29%	58%	63%
					VALORACIÓN	SEVERO	MODERADO	SEVERO	SEVERO
					PESO AHP	27%	14%	29%	31%

HÍDRICOS - 2) CONTAMINACIÓN AGUA (ESCORRENTÍA) POR HIDROCARBUROS Y RESIDUOS MATERIALES CONSTRUCCIÓN

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR		Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1					
			Baja	2					
			Moderada Baja	3			3		3
			Media	4					
			Moderada Alta	5		5		5	
			Alta	6					
			Muy Alta	7					
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1		1	1	1	1
			Local	2					
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0		0	0	0	0
			Sinérgico	2					
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0		0	0	0	0
			Acumulativo	2					
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1		1	1	1	1
			Periódico	3					
			Continuo	5					
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1		1	1	1	1
			A corto plazo	3					
			A mediano plazo	5					
			Irreversible	7					
TOTAL		100%	Máximo	28	ICA	8	6	8	6
			Mínimo	4					
					I(CA)N	17%	8%	17%	8%
					VALORACIÓN IRRELEVANTE	IRRELEVANTE	IRRELEVANTE	IRRELEVANTE	IRRELEVANTE
					PESO AHP	33%	17%	33%	17%

GEOMORFOLÓGICOS - 3) AUMENTO INESTABILIDAD DE LADERAS

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1					
			Baja	2					
			Moderada Baja	3					
			Media	4				4	
			Moderada Alta	5		5	5		
			Alta	6					
			Muy Alta	7	7				
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1	1	1	1	1	
			Local	2					
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0					
			Sinérgico	2	2	2	2	2	
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0					
			Acumulativo	2	2	2	2	2	
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1					
			Periódico	3					
			Contínuo	5	5	5	5	5	
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1					
			A corto plazo	3					
			A mediano plazo	5					
			Irreversible	7	7	7	7	7	
TOTAL	100%		Máximo	28	ICA	24	22	22	21
			Mínimo	4	I(CA)N	83%	75%	75%	71%
					VALORACIÓN	CRÍTICO	CRÍTICO	CRÍTICO	SEVERO
					PESO AHP	27%	25%	25%	23%

SUELO - 4) CONTAMINACIÓN DE SUELOS

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1				1	
			Baja	2			2		
			Moderada Baja	3		3			
			Media	4					
			Moderada Alta	5	5				
			Alta	6					
			Muy Alta	7					
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1	1	1	1	1	
			Local	2					
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0					
			Sinérgico	2	2	2	2	2	
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0					
			Acumulativo	2	2	2	2	2	
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1	1	1	1	1	
			Periódico	3					
			Contínuo	5					
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1					
			A corto plazo	3					
			A mediano plazo	5	5	5	5	5	
			Irreversible	7					
TOTAL		100%	Máximo	28	ICA	16	14	13	12
			Mínimo	4	I(CA)N	50%	42%	38%	33%
					VALORACIÓN	SEVERO	MODERADO	MODERADO	MODERADO
					PESO AHP	31%	26%	23%	21%

COBERTURA VEGETAL - 5) PRESIÓN Y ELIMINACIÓN COBERTURA VEGETAL

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1		1			
			Baja	2	2				
			Moderada Baja	3					
			Media	4					
			Moderada Alta	5			5		
			Alta	6					
			Muy Alta	7					7
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1	1	1	1	1	
			Local	2					
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0					
			Sinérgico	2	2	2	2	2	
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0	0	0	0	0	
			Acumulativo	2					
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1					
			Periódico	3					
			Contínuo	5	5	5	5	5	
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1					
			A corto plazo	3					
			A mediano plazo	5	5	5	5	5	
			Irreversible	7					
TOTAL	100%		Máximo	28	ICA	15	14	18	20
			Mínimo	4					
					I(CA)N	46%	42%	58%	67%
					VALORACIÓN	MODERADO	MODERADO	SEVERO	SEVERO
					PESO AHP	22%	20%	27%	31%

FAUNA - 6) AFECTACIÓN MICROFAUNA (HONGOS Y BACTERIAS) Y MACROFAUNA

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1					
			Baja	2					
			Moderada Baja	3				3	
			Media	4			4		
			Moderada Alta	5					
			Alta	6		6			
			Muy Alta	7	7				
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1	1	1	1	1	
			Local	2					
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0					
			Sinérgico	2	2	2	2	2	
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0	0	0	0	0	
			Acumulativo	2					
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1	1	1	1	1	
			Periódico	3					
			Contínuo	5					
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1					
			A corto plazo	3					
			A mediano plazo	5	5	5	5	5	
			Irreversible	7					
TOTAL		100%	Máximo	28	ICA	16	15	13	12
			Mínimo	4	I(CA)N	50%	46%	38%	33%
					VALORACIÓN	SEVERO	MODERADO	MODERADO	MODERADO
					PESO AHP	30%	28%	23%	20%

CULTURAL - 7) COSMOVISIÓN (ESCUELA - CEMENTERIO)

VARIABLES		RANGO PONDERACIÓN (%)	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	VALOR	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	
IN	Intensidad	14% - 25%	Muy Baja	1					
			Baja	2					
			Moderada Baja	3			3		
			Media	4					
			Moderada Alta	5		5			
			Alta	6					
			Muy Alta	7	7			7	
EX	Extensión	17.9% - 25%	Puntual	1				1	
			Local	2	2	2	2		
			Regional	3					
			Nacional	4					
			Trasnacional	5					
SI	Sinergia	0% - 7.1%	Sin Sinergismo	0					
			Sinérgico	2	2	2	2	2	
AC	Acumulación	0% - 7.1%	Simple	0	0	0	0		
			Acumulativo	2				2	
PR	Periodicidad	17.9% - 25%	Irregular	1	1	1	1	1	
			Periódico	3					
			Continuo	5					
DU	Reversibilidad	25% - 25%	Fugáz	1					
			A corto plazo	3				3	
			A mediano plazo	5					
			Irreversible	7	7	7	7		
TOTAL	100%		Máximo	28	ICA	19	17	15	16
			Mínimo	4					
					I(CA)N	63%	54%	46%	50%
					VALORACIÓN	SEVERO	SEVERO	MODERADO	SEVERO
					PESO AHP	29%	25%	22%	24%

RESUMEN EIA: La siguiente tabla resume los resultados obtenidos del $I_{(CA)N}$ y del valor de W_i para el modelo AHP por alternativa, realizado de la misma de normalización que los resultados financieros de CAUE. Es decir, se pondera relativamente sobre el total del $I_{(CA)N}$ para encontrar la importancia relativa de cada alternativa sobre las demás. Este indicador, se comporta igual que CAUE, entre menor sea él % de impacto, mejor será para el proyecto. Por tanto, la estructura de decisión para el modelo AHP será el que menor costo en el tiempo e impacto neto ambiental presente entre todas las operaciones matriciales de decisión.

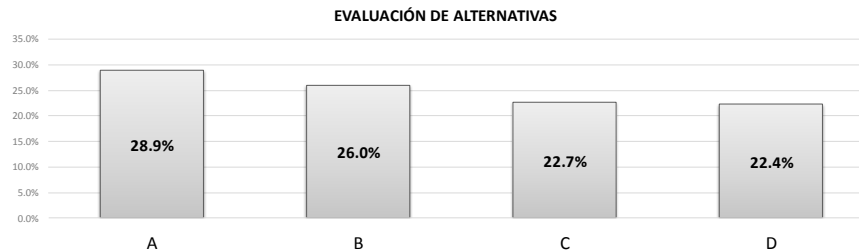
RESUMEN EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL			$I_{(CA)N}$				Ponderación AHP			
			Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D
FÍSICO	Hídricos	Profundización cause quebradas por aumento caudal	17%	8%	17%	8%	27%	14%	29%	31%
		Contaminación agua (escorrentía) por hidrocarburos y residuos materiales de construcción	17%	8%	17%	8%	33%	17%	33%	17%
	PONDERACIÓN HÍDRICOS		17%	8%	17%	8%	33%	17%	33%	17%
	Geomorfológico	Aumento inestabilidad laderas	83%	75%	75%	71%	27%	25%	25%	23%
	Suelo	Contaminación de suelos	50%	42%	38%	33%	31%	26%	23%	21%
BIÓTICO	Cobertura Vegetal	Presión y eliminación cobertura vegetal	46%	42%	58%	67%	22%	20%	27%	31%
	Fauna	Afectación microfauna (hongos y bacterias) y macrofauna	50%	46%	38%	33%	30%	28%	23%	20%
CULTURAL	Cosmovisión	Cosmovisión (escuela - cementerio)	63%	54%	46%	50%	29%	25%	22%	24%

4.3.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Inicialmente los resultados se validaron con una importancia relativa entre los criterios del primer nivel (Finanzas y Ambiental) con una importancia idéntica, es decir del 50% para cada uno ellos. Para las variables del segundo y tercer nivel, sus W_i son los resultados del CAUE y del $I_{(CA)N}$ respectivamente. En este escenario se puede ratificar la decisión tomada por el municipio de Pereira y la empresa de consultoría que realizó el estudio de pre-factibilidad; ya que la mejor alternativa para inversión teniendo en cuentas las novedades del impacto ambiental generado continúa siendo la alternativa D. Esto demuestra que los trabajos a través de criterios de expertos pueden estar bien enfocados y tomar las decisiones correctas. Sin embargo, es necesario dejar un soporte de toma de decisión donde se tenga evidencia cuantitativa y de procesamiento de los juicios de valor cualitativo que soporten las conclusiones y decisiones de los grupos de expertos. Esa es la finalidad de este trabajo, entregar una metodología que permita tener este soporte y conjunción de ambas familias de variables, en la cotidianidad y métodos actuales difíciles de combinar y asociar en la toma de decisión.

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

	PUNTOS CRITERIOS		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 2		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 3		Pesos Alternativas			
							A	B	C	D
FINANZAS	50%	CAUE	1.00	CAUE	1.00	0.29	0.27	0.23	0.21	
AMBIENTAL	50%	FÍSICO	0.17	HÍDRICO	0.13	0.33	0.17	0.33	0.17	
	50%		0.17	GEOMORFOLOGICO	0.66	0.27	0.25	0.25	0.23	
	50%		0.17	SUELOS	0.21	0.31	0.26	0.23	0.21	
	50%		0.11	COBERTURA VEGETAL	0.80	0.22	0.20	0.27	0.31	
	50%	BIÓTICO	0.11	FAUNA	0.20	0.30	0.28	0.23	0.20	
	50%	CULTURAL	0.72	COSMOVISIÓN	1.00	0.29	0.25	0.22	0.24	
							28.9%	26.0%	22.7%	22.4%



En este árbol de decisión, es posible visualizar la estructura general de decisión, con todos los Wi encontrados para los niveles y sub-criterios respectivos; y los resultados finales de la decisión conjunta para el escenario 50 y 50%.

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)



4.3.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Una de las bondades de la metodología propuesta es que se pueden realizar análisis de sensibilidad si se modifican los porcentajes de ponderación de los diferentes niveles de jerarquización. A continuación se presenta el análisis modificando la importancia relativa entre los dos criterios del primer nivel de toma de decisión como son las finanzas y el impacto ambiental. Sin embargo esta misma variación puede ser realizada a cualquier variable de los criterios por sub-nivel, siempre y cuando respeten las ponderaciones totales del del mismo.

A través de las ecuaciones encontradas se pueden despejar los puntos de indiferencia de selección de una alternativa a otra. Esto ayuda el proceso de toma de decisión ya que se puede evidenciar la elasticidad del impacto de una variable sobre otra.

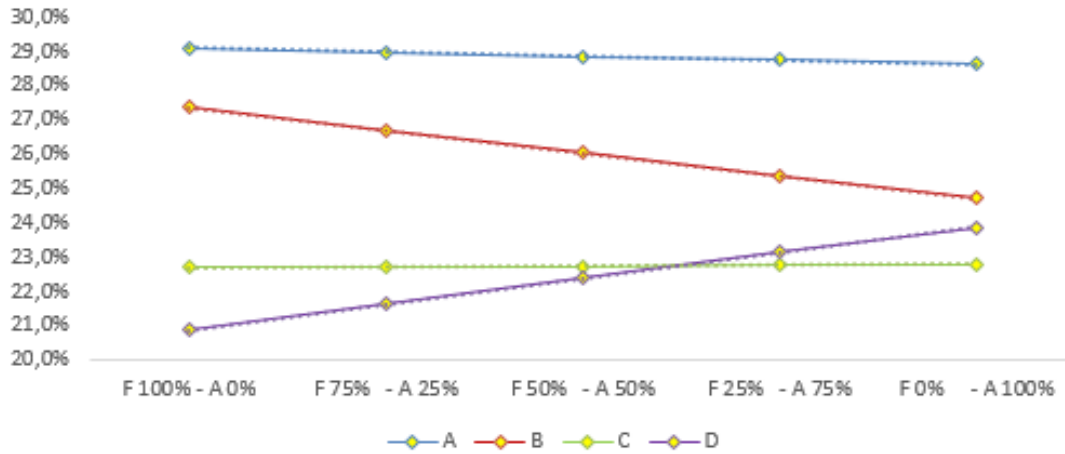
En el análisis realizado con el primer nivel, el incremento en el eje de las X, corresponde a una mayor importancia dada a la variable de Impacto Ambiental, siendo F (Finanzas) y A (Ambiental). Y el eje de las Y corresponde al resultado del modelo AHP para la toma de decisión.

Cabe resaltar que las alternativas de inversión A y C tienen un comportamiento estable a las variaciones de la inclusión de la evaluación de impacto al modelo; ya que su pendiente dentro del modelo se comporta tendiente a 0 o similar a una línea horizontal. Mientras que, las alternativas B y D tienen una sensibilidad notoria al realizar variaciones en estas variables.

Es de anotar que la alternativa B presenta una mayor influencia en los costos asociados a la realización del proyecto, mientras la alternativa D presenta mayor sensibilidad de no ejecución dada la priorización del aspecto ambiental.

Por otra parte, existe un punto de indiferencia a la decisión entre la alternativa C y D si variamos la importancia relativa para este caso puntual del impacto ambiental. Dicho punto, se encuentra en un nivel de importancia de la variable ambiental aproximadamente del 69%, siendo el complemento una importancia de lo financiero del 31%. Es decir, a partir de este punto, la alternativa que menor impacto genera al medio ambiente es la C, y la que menor costo en el tiempo de ejecución tiene es la D.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD



ALTERNATIVA	ECUACIÓN
A	$y = -0,0011x + 0,2919$
B	$y = -0,0066x + 0,2802$
C	$y = 0,0002x + 0,2265$
D	$y = 0,0075x + 0,2013$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La inclusión de la evaluación de impacto ambiental en proyectos de inversión, sí genera alteraciones en la toma de decisiones dependiente del perfil y objetivo del o los inversionistas.
- Se realizó efectivamente la implementación del modelo AHP para integrar variables cualitativas y cuantitativas en el proceso de toma de decisión. Como resultado final se obtienen escalafones de priorización de las alternativas evaluadas; esto permite generar un orden de importancia entre las alternativas en caso de la no factibilidad operativa de una de ellas.
- El resultado de la aplicación de la metodología propuesta, concuerda con la decisión tomada por los entes que intervinieron en la formulación y evaluación del proyecto de la vía de acceso al aeropuerto. Dados sus criterios de decisión financieros y a través de expertos.

- Fue posible realizar una metodología que permite incluir los estudios de impacto que son exigidos por el Gobierno nacional dentro del proceso de toma de decisión. Dichos requisitos generalmente quedaban apartados del análisis, ya que no existía una forma de cuantificar su afectación dentro de las alternativas planteadas por los inversionistas.
- A través de esta metodología se permite integrar la herramienta de evaluación de impacto ambiental adaptada para Colombia de Renson Martínez, de forma coherente con el modelo AHP, y así generar un modelo conjunto potencial para el desarrollo sostenible del país.
- El mejor indicador financiero para evaluar el proyecto de inversión trabajado fue el CAUE; ya que se trataba de un proyecto de costo mínimo sin retorno esperado sobre la inversión, incluyendo la tasa social de descuento del 12% recomendada por el DNP.
- Se establece un criterio de decisión de los mejores indicadores financieros para evaluar la conveniencia o no de la ejecución de las inversiones, basados en las fuentes del capital de inversión (público y privado) y las características intrínsecas de la inversión.
- La metodología permite realizar análisis de sensibilidades que permiten visualizar el conjunto de alternativas y su comportamiento en las variaciones de la importancia del impacto ambiental. Esto mejora el proceso de toma de decisión, ya que se identifican las alternativas más sensibles al impacto y cuales al costo de ejecución del proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar una metodología que permita encontrar el nivel de impacto ambiental global de las alternativas. Ya que la propuesta metodológica del EIA en Colombia de Renson Martínez, únicamente nos entrega el $I_{(CA)N}$ por impacto evaluado; sin embargo carece de una cuantificación global. En este caso es logrado conjuntamente por la integración del AHP en el resultado conjunto, más no en el caso particular de la EIA, limitando su visualización global a tener más de una alternativa para poder aplicar el método presentado.
- Es posible la creación de un software que permita realizar de forma sistemática la aplicación del modelo, donde sea posible la integración de N número de criterios, sub-criterios y niveles, y únicamente sea necesario el ingreso de la información.

- Implementar el análisis de riesgo financiero y ambiental en casos de coyuntura extrema, y qué implicaciones tiene en la toma de decisiones. Podría realizarse a través de simulaciones Monte-Carlo, CVaR y Stress Testing.
- Validar y/o calcular la Tasa Social de Descuento para proyectos públicos, la cual actualmente se encuentra establecida por el DNP en el 12% E.A.
- Se invita a exponer y compartir los resultados de esta metodología en los entes públicos, privados y académicos, como alcaldías, grupos consultores y facultades relacionadas académicamente con la formulación y evaluación de proyectos de inversión, y facultades de administración ambiental.
- Se invita a los grupos consultores de inversiones, a realizar todos los procesos de evaluación financiera y ambiental en todas las alternativas incluidas en sus proyectos. Ya que, generalmente se trabaja únicamente con la que los criterios de expertos definen como menos costosa e impactante.
- Se recomienda evaluar otras metodologías o modelos que permitan realizar evaluaciones de comportamientos conjuntos de variables tan diferentes como los son las finanzas y el impacto ambiental. Podría la aplicación de la teoría de cópulas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ortega, J. E. et. Al "Política Ambiental: Políticas Públicas" Ciudad de Córdoba, Argentina.

Maestría en Gestión para la Integración Regional y Centro de Información y Documentación Regional, Universidad Nacional de Córdoba.

Álvarez, R. A. R., Dorado, A. M. E., Aldana, C. M., Ramos, R. L. V., Velandía, A. Z., Bautista, S. Y. G.,

... Martínez, M. S. (2007). Análisis de las metodologías de evaluación financiera, económica, social y ambiental de proyectos de inversión agrícola utilizadas en Colombia.

Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323527251004>

Á, P. J., & T, L. V. (2005). Análisis multiobjetivo difuso espacial: Una herramienta para localizar

proyectos lineales con un enfoque de gestión ambiental. Recuperado 2 de febrero de

2016, a partir de <http://4www.redalyc.org/articulo.oa?id=169421171005>

Clemente, A., Souza, A., Galván, L., & Reyes, R. (2005). Estrategias empresariales para la

Conservación ambiental en el sector industrial. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 9(33), 3-

9.

Correa Restrepo, F. (2008). Estimation{Citation} of the environmental discount rate for Colombia.

Lecturas

de Economía, (69), 141-162.

Duarte, T., Arias, R. E. J., & Tibaná, M. R. (2007). Análisis económico de proyectos de inversión.

Recuperado 11 de febrero de 2016, a partir de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903558>

Espinoza-Nájera, C., González-Alafita, O., & Vargas-Carballo, R. (2012). La evaluación del impacto

ambiental y el desarrollo sustentable. Estudio de caso San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(1), 87-99.
<http://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.130>

(gea), G. de E. A., & Restrepo, F. C. (2004). Crecimiento Económico Y Medio Ambiente: Una

Revisión Analítica De La Hipótesis De La Curva Ambiental De Kuznets. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013658003>

Pamies, D. S., & Jiménez, J. A. (2011). La naturaleza de la relación entre la responsabilidad social de

la empresa (RSE) y el resultado financiero/The Nature of the Relation between Corporate Social Responsibility (CSR) and Financial Performance. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 20(4), 161-175.

Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los

indicadores ambientales. *Environmental Impact Assessment and the Importance of Environmental Indicators*. 22(2), 283-312.

Pinilla-Agudelo, G. A., Rodríguez-Sandoval, E. A., & Camacho-Botero, L. A. (2014). Preliminary

Methodological Proposal for Estimating Environmental Flows in Projects Approved by the Ministry of Environment and Sustainable Development (MADS), Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 19(1), 43-60. <http://doi.org/10.15446/abc.v19n1.38040>

Prada, J. D. D., Gil, H. A., Pereyra, C. I., & Becerra, V. H. (2013). La inclusión de la dimensión

Económica en la Evaluación de Impacto Ambiental. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://redalyc.org/articulo.oa?id=86429347009>

Rocabert, J. P., & Rosa, E. P. (2008). La Tasa De Descuento Y La Sostenibilidad En La Evaluación De Proyectos Con Impacto Ambiental. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116372005>

Sabogal Aguilar, J., & Moreno Castillo, E. (2011). FORESTRY PROJECTS OF CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM IN COLOMBIA: AN OVERVIEW FROM LOCAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 19(1), 125-140.

Schwartz, M. (2011). Gestión ambiental aplicada al planeamiento de proyectos mineros. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://4www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495006>

Valencia, W. A. (2012). Los Estudios de Impacto Ambiental y su Implicancia en las Inversiones de Los Proyectos. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81629470003>

Valencia, W. A., & Pinto, E. P. (2013). Los planes de negocios y los proyectos de inversión: Similitudes y diferencias. Recuperado 11 de febrero de 2016, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81629469009>

Leopold, I, Clarke F, Hanshaw B, Balsley, J. a Procedure for Evaluation Environmental Impact. Washington: circular 645, Geological Survey, United States Department of the Interior, 1971, Recuperado a partir de <http://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf>

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (Vol. 175). Boston, MA: Springer US. Recuperado a partir de <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-3597-6>

cap5.PDF - capitulo5.pdf. (s. f.). El Costo Del Dinero: La Tasa De Descuento, Recuperado a partir de

http://www.javeriana.edu.co/decisiones/libro_on_line/capitulo5.pdf

05. GONZALO EDWARDS - 21-102-1-PB.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de

<http://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/1770/21-102-1->

[PB.pdf?sequence=1](http://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/1770/21-102-1-PB.pdf?sequence=1)

Duarte, T., Arias, R. E. J., & Tibaná, M. R. (2007). Análisis económico de proyectos de inversión.

Recuperado 11 de febrero de 2016, a partir de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903558>

Angel, E., Carmona, S., Villegas, L.C.. Gestión ambiental en proyectos de desarrollo.

En: Publicaciones del posgrado en gestión ambiental. Universidad Nacional de Colombia.

2010. [http://www.grn.cl/wp-content/uploads/2016/01/Gestion-Ambiental-en-Proyectos-](http://www.grn.cl/wp-content/uploads/2016/01/Gestion-Ambiental-en-Proyectos-de-desarrollo-www.grn_.cl_.pdf)

[de-desarrollo-www.grn_.cl_.pdf](http://www.grn.cl/wp-content/uploads/2016/01/Gestion-Ambiental-en-Proyectos-de-desarrollo-www.grn_.cl_.pdf)

Valencia, W. A., & Pinto, E. P. (2013). Los planes de negocios y los proyectos de inversión:

Similitudes y diferencias. Recuperado 11 de febrero de 2016, a partir de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81629469009>

Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas de Colombia (2013). Manual de Soporte Conceptual

Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos. Publicación del

Departamento Nacional de Planeación.

Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas de Colombia (2006). Manual de Valoración y

Cuantificación de Beneficios. Publicación del Departamento Nacional de Planeación.

Saaty, T.L. (2008). Decision making with The Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*,

Vol. 1, No. 1, pp. 83-98.

HAMMAMI, Abd-el-Kader (2003). Modelisation Technico-economique d'une Chaîne Logistique

Dans une Entreprise Reseau. Publicado en La Faculté des Sciences et de Génie (Université Laval, Québec, Canadá).

T. L. Saaty and L. G. Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic*

Hierarchy Process (The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process), International Series in Operations Research & Management Science 175, Springer Science Business Media New York 2012, recuperado de <http://www.springer.com/978-1-4614-3596-9>.

Velez Pareja Ignacio Antonio (1943), *Decisiones de Inversión, Enfocado en la valoración de*

Empresa. –3a ed. – Bogotá, CEJA, 2002, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

Berrio Giraldo Linda Ivette (2014), *Selección y priorización de impactos ambientales de proyectos*

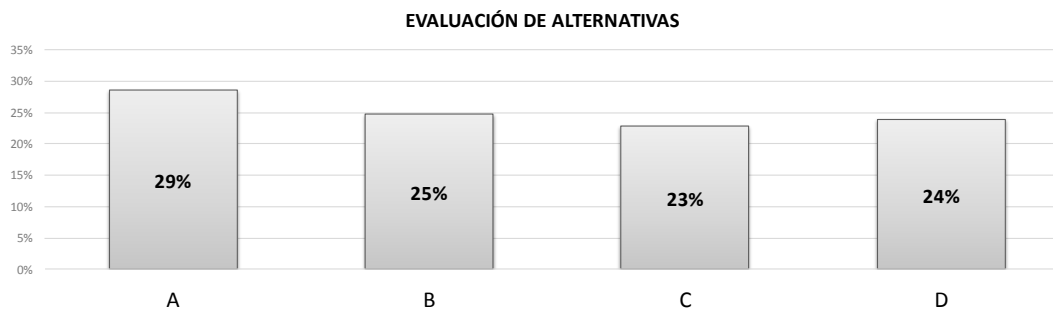
De desarrollo lineal para su posterior valoración económica – Líneas de Transmisión, Publicado en la Universidad Nacional de Colombia por la Facultad de Minas y la Escuela de Geociencias y Medioambiente de Medellín.

7. ANEXOS

Análisis de sensibilidad por escenarios: Finanzas 0% y Ambiental 100%

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

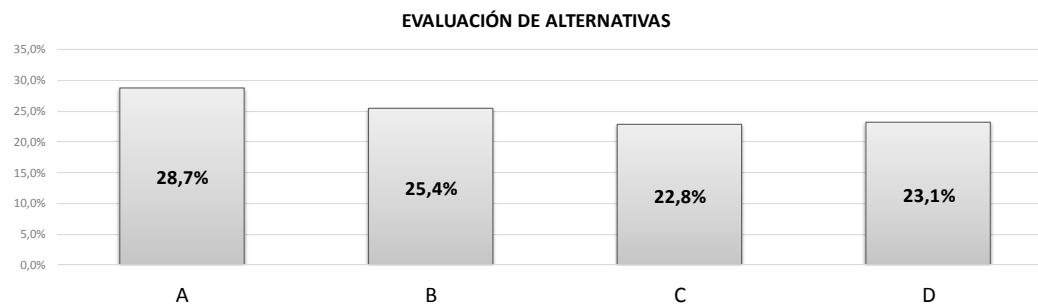
		PUNTOS CRITERIOS		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 2		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 3		Pesos Alternativas			
								A	B	C	D
FINANZAS	0%	CAUE		1,00	CAUE	1,00		0,29	0,27	0,23	0,21
AMBIENTAL	100%	FÍSICO		0,17	HÍDRICO	0,13		0,33	0,17	0,33	0,17
	100%			0,17	GEOMORFOLOGICO	0,66		0,27	0,25	0,25	0,23
	100%			0,17	SUELOS	0,21		0,31	0,26	0,23	0,21
	100%	BIÓTICO		0,11	COBERTURA VEGETAL	0,80		0,22	0,20	0,27	0,31
	100%			0,11	FAUNA	0,20		0,30	0,28	0,23	0,20
	100%		CULTURAL		0,72	COSMOVISIÓN	1,00		0,29	0,25	0,22
								29%	25%	23%	24%



Análisis de sensibilidad por escenarios: Finanzas 25% y Ambiental 75%

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

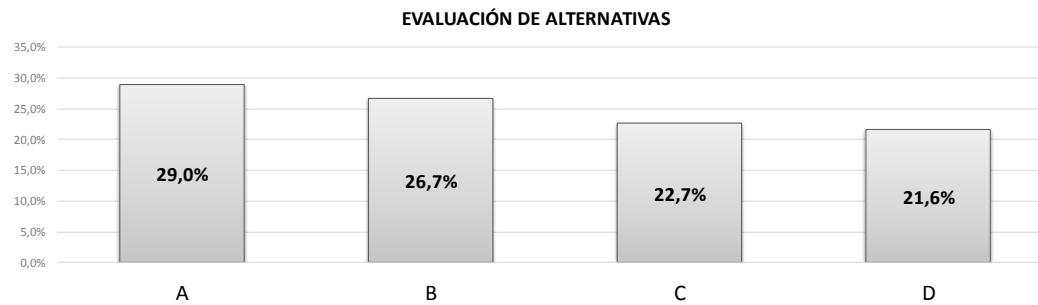
	PUNTOS CRITERIOS		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 2	PUNTOS CRITERIOS NIVEL 3	Pesos Alternativas				
					A	B	C	D	
FINANZAS	25%	CAUE	1,00	CAUE	1,00	0,29	0,27	0,23	0,21
AMBIENTAL	75%	FÍSICO	0,17	HÍDRICO	0,13	0,33	0,17	0,33	0,17
	75%		0,17	GEOMORFOLOGICO	0,66	0,27	0,25	0,25	0,23
	75%		0,17	SUELOS	0,21	0,31	0,26	0,23	0,21
	75%	BIÓTICO	0,11	COBERTURA VEGETAL	0,80	0,22	0,20	0,27	0,31
	75%		0,11	FAUNA	0,20	0,30	0,28	0,23	0,20
	75%	CULTURAL	0,72	COSMOVISIÓN	1,00	0,29	0,25	0,22	0,24
					28,7%	25,4%	22,8%	23,1%	



Análisis de sensibilidad por escenarios: Finanzas 75% y Ambiental 25%

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

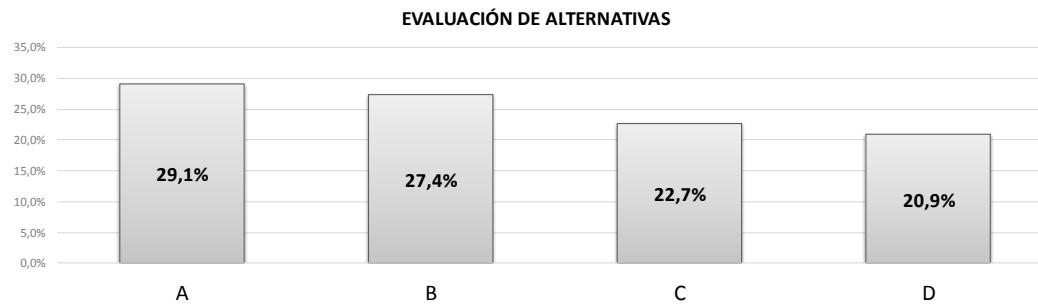
						Pesos Alternativas			
	PUNTOS CRITERIOS		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 2		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 3	A	B	C	D
FINANZAS	75%	CAUE	1,00	CAUE	1,00	0,29	0,27	0,23	0,21
AMBIENTAL	25%	FÍSICO	0,17	HÍDRICO	0,13	0,33	0,17	0,33	0,17
	25%		0,17	GEOMORFOLOGICO	0,66	0,27	0,25	0,25	0,23
	25%		0,17	SUELOS	0,21	0,31	0,26	0,23	0,21
	25%	BIÓTICO	0,11	COBERTURA VEGETAL	0,80	0,22	0,20	0,27	0,31
	25%		0,11	FAUNA	0,20	0,30	0,28	0,23	0,20
	25%	CULTURAL	0,72	COSMOVISIÓN	1,00	0,29	0,25	0,22	0,24
						29,0%	26,7%	22,7%	21,6%



Análisis de sensibilidad por escenarios: Finanzas 100% y Ambiental 0%

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

	PUNTOS CRITERIOS		PUNTOS CRITERIOS NIVEL 2	PUNTOS CRITERIOS NIVEL 3	Pesos Alternativas				
					A	B	C	D	
FINANZAS	100%	CAUE	1,00	CAUE	1,00	0,29	0,27	0,23	0,21
AMBIENTAL	0%	FÍSICO	0,17	HÍDRICO	0,13	0,33	0,17	0,33	0,17
	0%		0,17	GEOMORFOLOGICO	0,66	0,27	0,25	0,25	0,23
	0%		0,17	SUELOS	0,21	0,31	0,26	0,23	0,21
	0%	BIÓTICO	0,11	COBERTURA VEGETAL	0,80	0,22	0,20	0,27	0,31
	0%		0,11	FAUNA	0,20	0,30	0,28	0,23	0,20
	0%	CULTURAL	0,72	COSMOVISIÓN	1,00	0,29	0,25	0,22	0,24
					29,1%	27,4%	22,7%	20,9%	



Tablas análisis de la variable intensidad por factor ambiental evaluado:

HÍDRICOS - 1) PROFUNDIZACIÓN CAUSE QUEBRADAS POR AUMENTO CAUDAL

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5				
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4			4	4
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2	2			
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1		1		
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5				5
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4	4		4	
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2		2		
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1				
Total			6	3	8	9
Valor Cuantitativo			4	2	5	6

HÍDRICOS - 2) CONTAMINACIÓN AGUA (ESCORRENTÍA) POR HIDROCARBUROS Y RESIDUOS MATERIALES CONSTRUCCIÓN

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5				
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4	4		4	
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2		2		2
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1				
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5				
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4	4		4	
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2		2		2
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1				
Total			8	4	8	4
Valor Cuantitativo			5	3	5	3

GEOMORFOLÓGICOS - 3) AUMENTO INESTABILIDAD DE LADERAS

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5	5			
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4		4	4	
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2				
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1				2

SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5	5			
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4		4	4	4
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2				
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1				

Total		10	8	8	6
Valor Cuantitativo		7	5	5	4

SUELO - 4) CONTAMINACIÓN DE SUELOS

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5				
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4	4			
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2		2		
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1			1	1

SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5				
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4	4			
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2		2	2	
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1				1

Total		8	4	3	2
Valor Cuantitativo		5	3	2	1

COBERTURA VEGETAL - 5) PRESIÓN Y ELIMINACIÓN COBERTURA VEGETAL

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5				5
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4			4	
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2	2			
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1		1		

SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5				5
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4			4	
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2				
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1	1	1		

Total			3	2	8	10
Valor Cuantitativo			2	1	5	7

FAUNA - 6) AFECTACIÓN MICROFAUNA (HONGOS Y BACTERIAS) Y MACROFAUNA

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5	5	5		
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4			4	
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2				2
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1				

SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5	5			
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4		4		
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2			2	2
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1				

Total			10	9	6	4
Valor Cuantitativo			7	6	4	3

CULTURAL - 7) COSMOVISIÓN (ESCUELA - CEMENTERIO)

Análisis Intensidad						
SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
IAPa	I. A. Potencial Alto	5	5			5
IAPma	I. A. Potencial Moderado Alto	4		4		
IAPmb	I. A. Potencial Moderado Bajo	2			2	
IAPb	I. A. Potencial Bajo	1				

SIGLA	Valoración Cualitativa de IAP	Valoración Cuantitativa del IAP	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Va	Vulnerabilidad A. Alta	5	5			5
Vma	Vulnerabilidad A. Moderado Alto	4		4		
Vmb	Vulnerabilidad A. Moderado Bajo	2			2	
Vb	Vulnerabilidad A. Baja	1				

Total	10	8	4	10
Valor Cuantitativo	7	5	3	7

Autorización acceso a la información del proyecto desarrollado



ALCALDÍA DE
PEREIRA

 **PEREIRA**
Capital del Eje
*Directores Operativos –

Pereira, 14 de julio de 2016

Señor
JUAN PABLO ORREGO CARDOZO
MZ 26 CS 5 BARRIO CORALES
3117228848
Pereira, Risaralda.

No. 27500

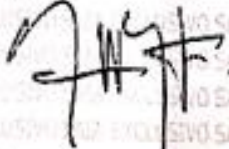


Asunto: Respondiendo a: PERSONA NATURAL/JURIDICA: JUAN PABLO ORREGO CARDOZO DESCRIPCION O ASUNTO: SOLICITUD DE INFORMACION CONTACTO N° 1711/2014. Radicado No.28987

Cordial saludo,

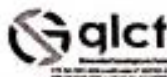
En atención al oficio del asunto, la Secretaría de Infraestructura a través de la Dirección Operativa de Diseños y Contratos de Obras se permite informarle que se encuentra disponible en el área de archivo de esta dependencia ubicada en el 9 piso del Palacio Municipal, en el horario de 8:00 am a 12:00 y de 2:00 a 6:00 pm de Lunes a Viernes, la información sobre el contrato 1711/2014 para las consultas necesarias sobre el mismo.

Atentamente,


EXCLUSIVO SAIA
EXCLUSIVO SAIA
EXCLUSIVO SAIA
EXCLUSIVO SAIA

MILTON HURTADO GARCIA
Director Operativo Diseño y Obras de
Infraestructura

Proyectó y Elaboró: Milton Hurtado García



Cra 7 # 18-55 Piso 9 Tel 3248156