UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

# Índice de seguimiento de planes de manejo ambiental (ISPA) como instrumento para fortalecer los estudios de impacto ambiental

**Camila Andrea López Castillo**

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá, Colombia
2019

# Índice de seguimiento de planes de manejo ambiental (ISPA) como instrumento para fortalecer los estudios de impacto ambiental

**Camila Andrea López Castillo**

Trabajo final de Maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:
**Magister en Ingeniería Ambiental**

Director:
José Javier Toro Calderón, MSc, Dr.

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá, Colombia
2019

*A mi hija, Isabella, que ilumina cada uno de mis días con su alegría.*
*A mis padres, Cesar y Mayuri, por su apoyo incondicional, alegría y comprensión.*
*A mi novio, Camilo, hombre guerrero, mi mejor amigo y compañía, por brindarme fortaleza y apoyo incondicional.*

*"Es deber de todo hombre devolver al mundo, al menos, el equivalente a lo que ha tomado de él"*

*Albert Einstein*

# Agradecimientos

A Dios en primer lugar, por darme la fuerza y persistencia necesarias para seguir alcanzando mis metas, por llevarme siempre de su mano y por mostrarme que con Él todo es posible.

A mis padres, mi hija y a mi novio por ser mi motor, mi fuerza para hacer cada día mejor las cosas, mi compañía y mi inspiración para soñar y cumplir mis sueños, por enseñarme a cada instante el verdadero significado de la vida.

Al profesor José Javier Toro por darme la oportunidad de desarrollar bajo su dirección este trabajo, por brindarme la guía y aportarme los conocimientos necesarios para obtener los mejores resultados tanto a nivel profesional y personal, por brindarme su tiempo para instruirme académicamente y por ser un ejemplo de ética, excelencia y amor por lo que se hace para todos sus estudiantes.

A la Universidad Nacional de Colombia por brindarme la formación integral para alcanzar mi título de Maestría.

A mi amiga y compañera de Maestría Mónica Árevalo por su apoyo y amistad durante todo este proceso.

A los profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental e IDEA por brindarme los conocimientos necesarios para llevar a cabo este proceso con excelencia.

# Resumen

En el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, el seguimiento y control es una herramienta que permite evaluar el cumplimiento de los objetivos del PMA en el escenario sin proyecto y ajustarlo a los nuevos requerimientos del escenario con proyecto. Con base en lo anterior, este trabajo propone un índice para evaluar el seguimiento ambiental de los PMA de forma cuantitativa; su formulación se fundamenta en la selección de indicadores para cada componente ambiental y su uso genérico para proyectos, obras o actividades.

En el país existe un método oficial de seguimiento, determinado en la metodología de seguimiento ambiental de proyectos; sin embargo, esta metodología tiene un moderado alcance, entre otras razones, porque se fundamenta en indicadores prevalentemente cualitativos. El Índice de seguimiento de PMA ISPA pretende evaluar el estado del ambiente de forma periódica al igual que las acciones para prevenir, mitigar y corregir los impactos ambientales.

**Palabras clave:** Seguimiento, índice, planes de manejo ambiental, indicador, control.

# Abstract

In the process of Environmental Impact Assessment, the follow up is a tool that allows to assess compliance with the objectives of the Environmental Management Plan in the scenario without project and adjusting it to the new requirements of the scenario with project. Based on the above, this work proposes an index to evaluate the environmental follow up of the Environmental Management Plans in a quantitative form. Its formulation is based on the selection of indicators for each environmental component and its generic use for projects, works or activities.

In the country there is an official method of follow up determined in the methodology of environmental follow up of projects; however, this methodology has a moderate scope, among other reasons, because it is based on predominantly qualitative indicators. The PMA follow up Index (ISPA) aims to assess the state of the environment on a regular basis and evaluate actions to prevent, mitigate and correct environmental impacts.

**Keywords:** Follow up, index, environmental management plans, indicator, control.

# Contenido

Pág.

**Resumen** ..... **IX**

**Lista de Figuras** ..... **XIII**

**Lista de Tablas** ..... **XIV**

**Lista de Símbolos y Abreviaturas** ..... **XV**

**0. Introducción** ..... **1**

**1. Objetivos** ..... **7**
1.1 Objetivo General ..... 7
1.2 Objetivos Específicos ..... 7

**2. Fundamentos Teóricos** ..... **8**
2.1 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) ..... 8
2.2 El principio de Incertidumbre ..... 9
2.2.1 La Incertidumbre en la Evaluación de Impacto Ambiental ..... 11
2.2.2 Gestión de la Incertidumbre en la Evaluación de Impacto Ambiental ..... 13
2.3 Seguimiento y control en la Evaluación de Impacto Ambiental ..... 15
2.4 Proceso de Seguimiento y Control en el mundo ..... 17
2.4.1 Mejora continua en la gestión de proyectos ..... 23
2.5 Proceso de Seguimiento y Control en Colombia ..... 24
2.5.1 Factores que limitan el seguimiento y control ambiental en Colombia ..... 28
2.5.2 Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos ..... 31
▪ Informe de cumplimiento ambiental (ICA) ..... 38
2.6 Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales ..... 40
2.6.1 Identificación de impactos significativos potenciales ..... 40
2.6.2 Identificación y delimitación del área de influencia ..... 41

**3. Diseño metodológico** ..... **44**

**4. Índice de seguimiento de planes de manejo ambiental (ISPA)** ..... **46**
4.1 Índice ..... 46
4.2 Indicador ..... 47
4.3 Términos seleccionados para la construcción del índice ISPA ..... 49
4.3.1 Análisis de Planes de Manejo Ambiental (APMA) ..... 49
4.3.2 Área de influencia (AI) ..... 52

4.3.3 Significancia de impactos ambientales (SIA) .....53
- Medio Biótico (MB) .....53
- Medio Abiótico/Físico (MA) .....55
- Medio Socioeconómico (SE).....57

**5. Diseño del Índice de Seguimiento a Planes de Manejo Ambiental (ISPA) .....60**
5.1 Formulación de la expresión matemática .....60
5.2 Valores de referencia y escala de calificación .....61
5.3 Ejercicio teórico para el cálculo del ISPA.....62
5.3.1 Caso 1: Importación de SAO .....62
5.3.2 Caso 2: Área de perforación exploratoria APE llanos 2.....69

**6. Conclusiones y recomendaciones .....81**
6.1 Conclusiones.....81
6.2 Recomendaciones.....83

**7. Bibliografía.....89**

# Lista de Figuras

**Pág.**

**Figura 0-1:** Modelo de caja con entradas y salidas ..... 1
**Figura 0-2:** Incertidumbre en la EIA ..... 2
**Figura 0-3:** Estructura General para la elaboración de EsIA ..... 3

**Figura 2-1:** Distribución de la predicción de impactos en 22 EsIA evaluados por (Tennoy, et al., 2006). ..... 12
**Figura 2-2:** Principales razones de la deficiente predicción de impactos ambientales .. 13
**Figura 2-3:** Causas principales de la generación de incertidumbre en la predicción de impactos ambientales en Colombia. ..... 14
**Figura 2-4:** Principales causas de que la EIA solo quede en los documentos..... 16
**Figura 2-5:** Limitaciones del proceso de Seguimiento y Control Ambiental ..... 27
**Figura 2-6:** Partes interesadas presentes en la EIA ..... 28
**Figura 2-7:** Limitaciones del proceso de Seguimiento y Control Ambiental ..... 29
**Figura 2-8:** Contenido Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos..... 32
**Figura 2-9:** Alcance de los manuales de evaluación de estudios ambientales y de seguimiento ambiental de proyectos ..... 36
**Figura 2-10:** Diagrama de flujo, seguimiento ambiental de proyectos ..... 37
**Figura 2-11:** Área de influencia por componentes y medio ..... 42
**Figura 3-1:** Diagrama de flujo diseño metodológico ..... 45
**Figura 4-1:** Estudios ambientales en el proceso de licenciamiento ambiental..... 48

# Lista de Tablas

**Pág.**

**Tabla 2-1:** Criterios de selección y alcance del seguimiento y control en la EIA ..... 18
**Tabla 2-2:** Contenido de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA)..... 38
**Tabla 2-3:** Identificación de impactos significativos potenciales..... 41
**Tabla 4-1:** Ponderación de componentes para el cálculo del cumplimiento de indicadores ..... 51
**Tabla 4-2:** Valor de significancia término Área de influencia..... 52
**Tabla 4-3:** Ecuaciones para el cálculo de indicadores de los componentes ambientales del medio biótico..... 54
**Tabla 4-4:** Ecuaciones para el cálculo de indicadores de los componentes ambientales del medio físico..... 55
**Tabla 4-5:** Ecuaciones para el cálculo de indicadores de los componentes ambientales del medio socioeconómico..... 57
**Tabla 5-1:** Valores de referencia y escala de calificación ISPA ..... 61
**Tabla 5-2:** Programas de gestión y actividades relacionadas Importación de SAO ..... 63
**Tabla 5-3:** Actividades propuestas y Actividades implementadas Importación de SAO .. 64
**Tabla 5-4:** Cumplimiento de metas Importación de SAO ..... 65
**Tabla 5-5:** Permisos requeridos para el desarrollo del proyecto ..... 65
**Tabla 5-6:** Cálculo de cumplimiento de indicadores *Ic* ..... 65
**Tabla 5-7:** Cálculo indicadores medio biótico ..... 66
**Tabla 5-8**: Cálculo de indicadores medio físico..... 67
**Tabla 5-9:** Cálculo indicadores medio socio económico ..... 68
**Tabla 5-10:** Actividades a ejecutar por el proyecto APE Llanos 2..... 69
**Tabla 5-11:** Actividades propuestas en el PMA para el proyecto APE Llanos 2..... 71
**Tabla 5-12:** Actividades propuestas y Actividades implementadas APE Llanos 2..... 72
**Tabla 5-13:** Metas APE Llanos 2 ..... 73
**Tabla 5-14:** Cumplimiento de metas APE Llanos 2..... 74
**Tabla 5-15:** Permisos requeridos para el desarrollo del proyecto APE Llanos 2..... 74
**Tabla 5-16:** Cálculo de cumplimiento de indicadores *Ic* APE Llanos 2..... 75
**Tabla 5-17:** Cálculo indicadores medio biótico APE Llanos 2 ..... 76
**Tabla 5-18:** Cálculo de indicadores medio físico..... 77
**Tabla 5-19:** Cálculo indicadores medio socio económico ..... 78

# Lista de Símbolos y Abreviaturas

$1 - \frac{\rho_s}{\rho_w}$
Figura 3-1

## Abreviaturas

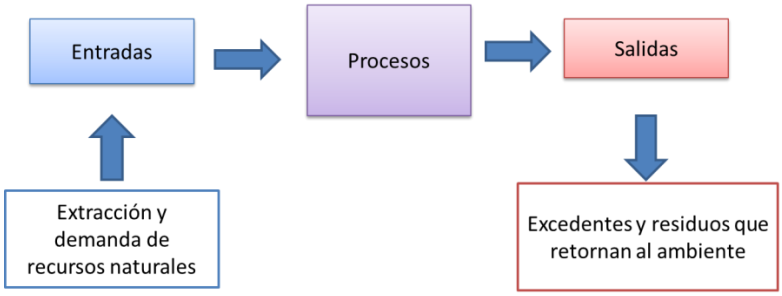
| Abreviatura | Término |
|---|---|
| *A* | Componente atmosférico |
| *AI* | Área de influencia |
| *ANLA* | Agencia Nacional de Licencias Ambientales |
| *APMA* | Análisis de planes de manejo ambiental |
| *Aq* | Componente arqueológico |
| *C* | Componente cultural |
| *Cm* | Cumplimiento de metas |
| *D* | Componente demográfico |
| *E* | Componente económico |
| *Ea* | Componente de ecosistemas acuáticos |
| *Ec* | Componente de ecosistemas |
| *EIA* | Evaluación de impacto ambiental |
| *Es* | Componente especial |
| *EsIA* | Estudios de Impacto Ambiental |
| *G* | Componente geológico |
| *Gm* | Componente geomorfológico |
| *H* | Componente hidrológico |
| *Hg* | Componente hidrogeológico |
| *Ia* | Componente de áreas de especial interés ambiental |

| | |
|---|---|
| *Ic* | Indicadores por componente |
| *Im* | Implementación |
| *MA* | Medio Abiótico |
| *MADS* | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible |
| *MB* | Medio Biótico |
| *P* | Componente de paisaje |
| *Pd* | Componente de población a desplazar |
| *PMA* | Plan de Manejo Ambiental |
| *PQR* | Peticiones, Quejas o Reclamaciones |
| *Po* | Componente político organizativo |
| *Pr* | Permisos |
| *OECD* | Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo |
| *SAO* | Sustancias agotadoras de la capa de ozono |
| *SE* | Socioeconómico |
| *SIA* | Significancia de Impactos Ambientales |
| *St* | Componente de suelos y uso de la tierra |
| *Td* | Componente de tendencias de desarrollo |
| *UTO* | Unidad Técnica de Ozono |

# 0.Introducción

El sistema de producción de bienes y servicios establece su funcionamiento en un modelo de caja básico que requiere entradas, que permitan alimentar un proceso y salidas, que tienen como resultado la producción de excedentes o subproductos. Este sistema de producción juega un papel importante en su interacción con el ambiente, de forma tal que tanto las entradas, los procesos y las salidas generan impactos ambientales locales, regionales, e incluso globales (Figura 0-1).

**Figura 0-1:** Modelo de caja con entradas y salidas




Fuente: Elaboración propia

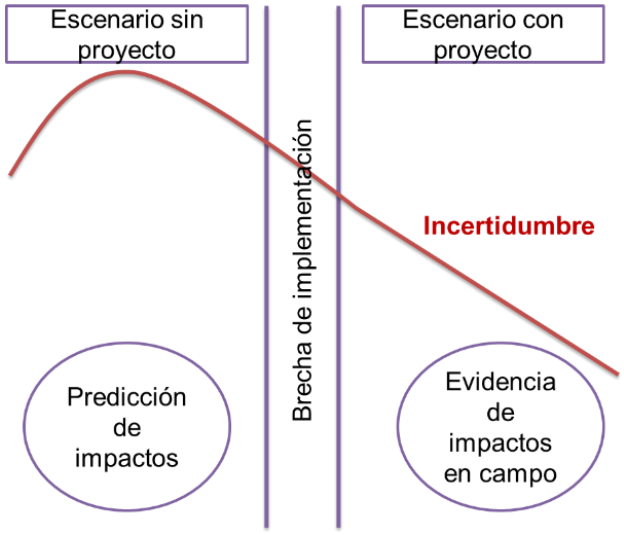
Ante esta situación, gran parte de los países del mundo, incluido Colombia, exige a los proyectos, obras o actividades (POA) con potencial de generar impactos ambientales significativos, realizar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) la cual es un proceso jurídico, administrativo y técnico usado mundialmente para la toma de decisiones sobre cualquier proyecto, obra o actividad que pueda generar impactos ambientales positivos o negativos (Toro, 2009).

La EIA utiliza como herramienta técnica el EsIA, donde se identifican y evalúan la significancia de los impactos ambientales y se diseñan los PMA, este procedimiento tiene un carácter predictivo, porque se hace en el escenario sin proyecto, lo que genera

incertidumbres y diferencias entre los impactos ambientales que se identificaron y evaluaron en la fase de predecisión, y la fase de implementación (Tennoy, et al., 2006), (Toro, 2009).

Estas diferencias pueden ser atenuadas con un seguimiento y control adecuados, que logre cerrar la brecha entre dos escenarios (Marshall, et al., 2005) teniendo en cuenta que la predicción de impactos ambientales en el escenario sin proyecto es determinante para el otorgamiento de la licencia ambiental y el ajuste de los PMA (Figura 0-2).

**Figura 0-2:** Incertidumbre en la EIA



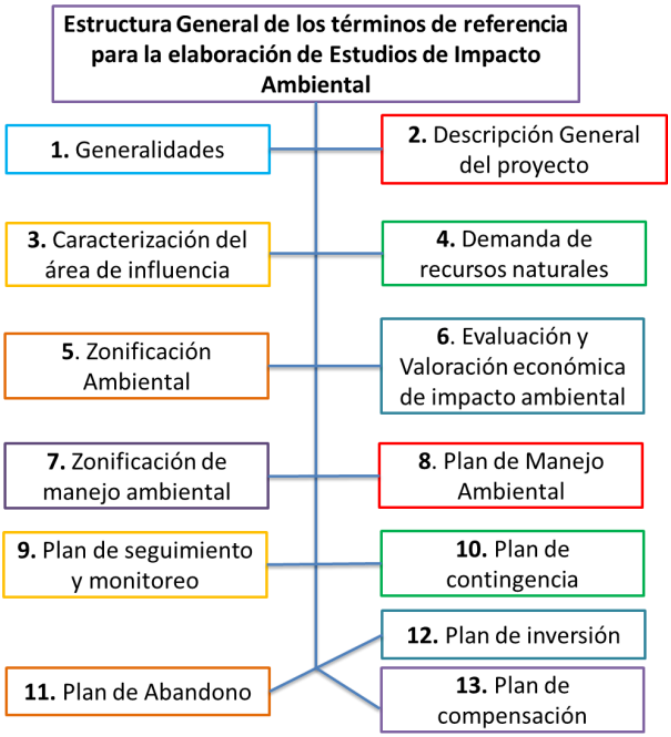

Fuente: Elaboración propia

En Colombia la EIA se homologa al proceso de Licenciamiento Ambiental que, de acuerdo con lo establecido en el (Decreto 1076 de 2015, 2015)*, Art 2.2.2.3.1.3*, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad que, de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje (Diario Oficial No 49.523, 2015).

Ante esta perspectiva, y motivada por conferencias ambientales internacionales como la de Estocolmo en 1972 y Río de Janeiro en 1992 (ONU, 1992) , la legislación colombiana incluyó en sus actos legislativos el componente ambiental, con el fin de prevenir la

contaminación y asegurar la conservación de la biodiversidad. De esta manera, entró en vigor en 1974 el Código de Recursos Naturales (Decreto 2811, 1974), seguido de la Constitución de 1991 (Gaceta Constitucional No 116, 1991), la (Ley 99, 1993) que incluyó el concepto de Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y los decretos reglamentarios desde el (Decreto 1753, 1994) hasta el (Decreto 1076 de 2015, 2015) (Toro et al., 2010). El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es un instrumento técnico obligatorio en el proceso de licenciamiento ambiental que incluye (Figura 0-3):

**Figura 0-3:** Estructura General para la elaboración de EsIA




Fuente: Elaboración propia con información de (Toro, 2009).

Respecto al contenido detallado del EsIA, se encuentra determinado en los términos de referencia, que son los lineamientos generales para la elaboración y ejecución de los estudios ambientales. Los EsIA se elaboran con base en los términos de referencia; sin embargo, la autoridad competente podrá adaptarlos a las particularidades del proyecto, obra o actividad (Diario Oficial No 49.523, 2015).

El solicitante deberá presentar, de manera obligatoria, el estudio de conformidad con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018), documento que se fundamenta en lineamientos de forma, pero no incluye una metodología o referentes metodológicos para identificar y evaluar la significancia de los impactos ambientales generados por un POA. Lo anterior genera una problemática significativa, porque los proponentes podrían influir en la valoración de los impactos con el propósito de obtener la Licencia Ambiental. Adicionalmente a esta problemática, se encuentran procesos de seguimiento y control deficientes (Guevara Ulloa, 2016), los cuales bien ejecutados podrían disminuir la incertidumbre inherente al proceso de evaluación de impactos, donde se identifican, en campo, los impactos generados.

El proceso de seguimiento y control es de interés para este trabajo, porque permite ajustar los planes de manejo en la fase de implementación y disminuir o incorporar la incertidumbre propia de la EIA (Tennoy, et al., 2006).

No obstante, las metodologías de seguimiento y control utilizadas oficialmente en Colombia son limitadas o de bajo alcance, lo que obstaculiza la vigilancia de los PMA. A este respecto, la literatura ha evidenciado la necesidad de un seguimiento oportuno y eficiente para disminuir la brecha existente entre el escenario con y sin proyecto (Arts , et al., 2001), (Jones & Fischer, 2016), (O'Faircheallaigh, 2007), (Toro, et al., 2010).

Un índice de seguimiento y control para los PMA permitiría acercar las realidades de los escenarios en las etapas de predecisión e implementación, garantizando en cierta medida la inclusión de un mayor número de impactos ambientales significativos que pueden presentarse cuando el proyecto, obra o actividad se encuentre en operación, y ajustar los PMA a lo largo de la vida útil del mismo. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo tiene como fin el diseño de un índice para la evaluación de los PMA, que permita prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados, de manera eficiente y oportuna.

El diseño del Índice de Seguimiento de PMA ISPA, será un instrumento de gran aporte a la autoridad ambiental, que es la ejecutora del seguimiento y control. En este sentido, el

trabajo incluirá inicialmente una revisión teórica/conceptual de los términos: incertidumbre, EIA; seguimiento y control, factores limitantes, metodologías y herramientas de seguimiento y control, plan de manejo ambiental e informe de cumplimiento ambiental (ICA) – como herramienta establecida por la autoridad ambiental para garantizar el seguimiento y control de proyectos –alcance y principales limitaciones.

Para el diseño del ISPA, se hace necesario determinar qué componentes ambientales se evalúan en general en un EsIA de manera transversal para cualquier proyecto, obra o actividad, y para cada uno de ellos se estableció una serie de indicadores que permite analizar el estado del ambiente y la efectividad de la implementación de los programas de prevención, mitigación, corrección y compensación de impactos ambientales potenciales.

El establecer una herramienta cuantitativa que permita fortalecer los procesos de seguimiento y control, representa una mejora significativa a la metodología de seguimiento y control utilizada en la actualidad por las autoridades ambientales. Para construir el ISPA, se tienen en cuenta factores de ponderación de importancia, asignando los valores más altos a todos aquellos componentes que puedan verse afectados por impactos negativos sobre el ambiente y que, además, tengan influencia directa sobre la salud humana.

Finalmente, se evalúa la aplicabilidad del ISPA en dos estudios de caso: la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono SAO, y el proyecto de infraestructura vial APE Llanos 2.

# 1. Objetivos

## 1.1 Objetivo General

Desarrollar un índice de seguimiento de PMA (ISPA) como instrumento para fortalecer los estudios de impacto ambiental.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Identificar las metodologías de seguimiento y control de Planes de Manejo Ambiental.
- Determinar los componentes ambientales que presentan mayor afectación por impactos ambientales significativos.
- Determinar los componentes y los factores de cada uno de los componentes del ISPA.

# 2. Fundamentos Teóricos

## 2.1 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

La EIA es definida como un proceso para tomar decisiones sobre proyectos, obras o actividades que pueden generar impactos ambientales significativos (Canter, 1999), (Garmendia, et al., 2005), (Glasson, et al., 2012), (Therivel & Wood, 2018), (Wathern, 1998) en el contexto colombiano, la EIA se homologa al proceso de licenciamiento ambiental, y se define como un proceso jurídico, administrativo y técnico ampliamente usado para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que potencialmente pueden generar Impactos ambientales significativos negativos o positivos (Toro, 2009).

La EIA se convierte en una de las herramientas más importantes para evaluar la ejecución de un proyecto, obra o actividad en un área determinada. Wathern, (2009) lo explica como el "Proceso para 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, frente al proyecto, obra o actividad. La EIA es un proceso con énfasis participativo y preventivo (Glasson, et al., 2012), (Toro, 2009), otras definiciones del proceso de EIA se presentan a continuación.

Para (Garmendia, et al., 2005), la EIA es 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, 1995), 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 (Wilkins, 2003) la EIA es concebida como un sistema de producción y generación de valores sociales, siendo un instrumento fundamental para promover el desarrollo sostenible.

En Colombia, se exige la EIA para los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental, sin embargo la eficiencia del proceso cumple parcialmente los objetivos para lo que fue creada, pues no hay control estatal, existe discriminación en la participación y no existen metodologías oficiales (Toro, et al., 2010). Respecto a la licencia ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje (Decreto 1076 de 2015, 2015), Art.2.2.2.3.1.3.

## 2.2 El principio de Incertidumbre

Los EsIA tienen cierto grado de incertidumbre y subjetividad que pueden hacer que los resultados varíen significativamente. En este capítulo, se analiza el concepto de incertidumbre que permite tener en cuenta la diferencia de la predicción de impactos en el escenario sin proyecto y el proceso de seguimiento y control en el escenario con proyecto.

La toma de decisiones es una acción que se realiza generalmente en condiciones que implican cierto grado de incertidumbre inherente al ambiente. Por consiguiente, en escenarios naturales, no se tiene una idea acerca de la probabilidad de ocurrencia de ciertos factores en los diferentes entornos (Guerrero , et al., 2014). La incertidumbre considera que a pesar de obtenerse un resultado, este debe contemplar las posibles causas de error, derivadas de múltiples factores, los cuales a su vez permiten medir la calidad de un resultado (Maroto, et al., 2001).

La definición de la incertidumbre no supone un valor único verdadero sino un rango de valores específicos que puedan ser asociados al resultado (Carvajal & Kottow, 2012), de esta manera, el principio de incertidumbre tiene gran influencia acerca de la forma como vemos el mundo, prueba de esto, es que este principio puso fin a la teoría de Laplace acerca de establecer un modelo del universo completamente determinista, ya que es de conocimiento universal que no se pueden medir acontecimientos futuros con exactitud (Hawking, 2011). Otros autores relacionan el azar con la incertidumbre, (Wagensberg, 1998) en su trabajo menciona dos tipos de azar: el azar epistemológico, que hace referencia a la ignorancia del observador, la falta de conocimiento en la materia, la

debilidad en los cálculos y los errores en las observaciones; y el azar ontológico, el cual hace referencia al comportamiento propio del universo.

El predecir el comportamiento del ambiente al ser sometido a cualquier tipo de acción externa y específicamente antrópica, se ha convertido en una tarea que requiere experiencia y conocimiento tanto de las actividades que se van a desarrollar en un área de influencia determinada, como de las interacciones bióticas y abióticas que allí se llevan a cabo. Como se mencionaba anteriormente, el conocimiento disminuye en cierta medida el grado de incertidumbre de un estudio, sin embargo, una vez ejecutada una actividad, en un medio ambiente cambiante y dinámico, ocurrirán ciertos acontecimientos que sobrepasarán las disponibilidades de elementos suficientes para comprenderlos, explicarlos e intervenirlos, de tal forma que en aras de hacerlos más aptos, se pueden omitir impactos ambientales potencialmente negativos (Gil Aluja, 2009). En efecto, existen algunas características que permiten diferenciar las distintas realidades, en vista de una explicación previa a su intervención:

- La certeza permite conocer la evolución de los fenómenos objeto de estudio
- Aunque estén ligados a leyes probabilísticas, se conocen los fenómenos y su evolución
- Los fenómenos o su evolución no pueden ser estimados numéricamente objetiva o subjetivamente

El ser humano a lo largo de la historia ha dirigido sus esfuerzos en reducir la incertidumbre, incluso en predecir eventos futuros a través de modelos matemáticos. Los avances científicos por eliminar la incertidumbre no han cumplido su objetivo, pues a pesar que se han desarrollado fórmulas para el cálculo de la misma, hasta el momento ha resultado imposible lograr reducirla a cero. Por lo anterior, la atención y gestión de imprevistos y posibles contingencias durante el desarrollo de un proyecto, obra o actividad se convierte en una parte esencial en la formulación de los PMA, pues la incertidumbre da un valor significativo al principio de precaución (Beyter Centty Villafuerte, 2010). El principio de precaución surge del reconocimiento de que en el ambiente existe el azar, los sistemas naturales son dinámicos y evolucionan permanentemente lo cual obliga a formular mecanismos mediante los cuales se puedan prevenir y mitigar impactos potencialmente negativos.

Es interesante analizar el concepto de incertidumbre desde su aporte al desarrollo de conocimiento. Históricamente el azar del actuar del ambiente ha traído como consecuencia el desarrollo de nuevas y avanzadas investigaciones en temas específicos lo cual ha permitido reducir la incertidumbre y prevenir efectos indeseados. Por otra parte, la existencia de la incertidumbre permite analizar un campo amplio de posibilidades mediante las cuales se debe estudiar la incidencia de un proyecto, obra o actividad sobre el ambiente y de esta manera obligar a la formulación de alternativas que suplan estas demandas. Como señala (García, 2006), la meta de la ciencia es la verdad, sin embargo, esta afirmación es fuertemente discutida especialmente por Larry Laudan, quien señala que es un “utopismo epistemológico” tanto acercarse a la verdad, como la verdad en sí misma. Por lo anterior se abre espacio a la discusión en cuanto a si la verdad es el objetivo principal del quehacer científico.

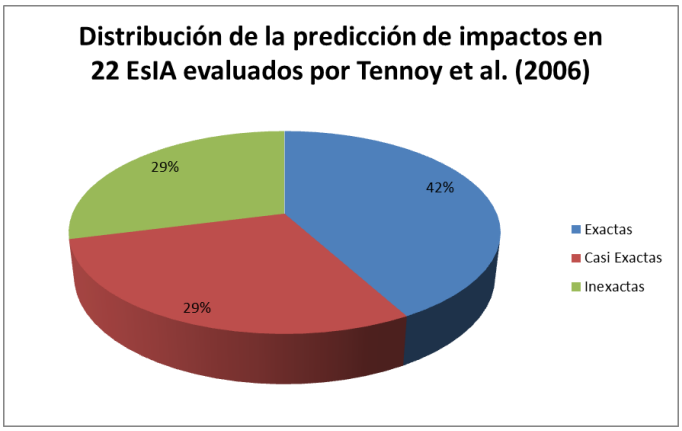
Ante esta perspectiva y teniendo en cuenta las consideraciones de (Gómez Delgado & Bosque Sendra, 2009) en cuanto a que hoy en día no es necesario saber el grado de error, sino tener la confianza de que el grado de error o incertidumbre que se presenta en la toma de decisiones no pone en duda la veracidad de los resultados obtenidos, parece que se le ha restado importancia al cálculo matemático de la incertidumbre y por el contrario, se ha optado por adquirir la mayor cantidad de información necesaria de tal manera que los tomadores de decisiones basen su actuar y depositen su confianza en el conocimiento ya existente. Lo anterior adquiere mayor importancia en situaciones donde por ejemplo se va a poner en marcha un proyecto de gran magnitud con el cual las comunidades aledañas no están de acuerdo, así, esta práctica, sería conveniente ejecutarla en lo que se conoce como la toma de decisiones participativa o la planificación participativa.

### 2.2.1 La Incertidumbre en la Evaluación de Impacto Ambiental

Los EsIA, son el componente técnico de la EIA (Toro, 2009) y (Tennoy, et al., 2006) señalan que la identificación y valoración de impactos ambientales potenciales contiene, cierto nivel de incertidumbre, lo anterior, justificado básicamente en el carácter predictivo de estos estudios. El nivel de incertidumbre involucrada en la EIA determina en gran manera la exactitud de estas predicciones, por lo que se hace necesario investigar acerca del grado de exactitud de las mismas (Gómez, 2015).

Entre los años 1990 y 2004 en Noruega, (Tennoy, et al., 2006) y sus colaboradores realizaron un estudio en donde revisaron veintidós EsIA de grandes proyectos que, incluían predicciones de los impactos que los evaluadores consideraban que se podrían generar en el transporte, la contaminación del aire y las fuentes de agua en el área de influencia identificada. Como resultado del estudio, los autores señalan que EIA, como herramienta para la toma de decisiones, no fue satisfactoria debido a que solo el 42% de las predicciones estudiadas fueron clasificadas como "exactas", mientras que el 29% fueron clasificadas como "casi exactas" y el 29% restante fueron clasificadas como "inexactas".

**Figura 2-1:** Distribución de la predicción de impactos en 22 EsIA evaluados por (Tennoy, et al., 2006).



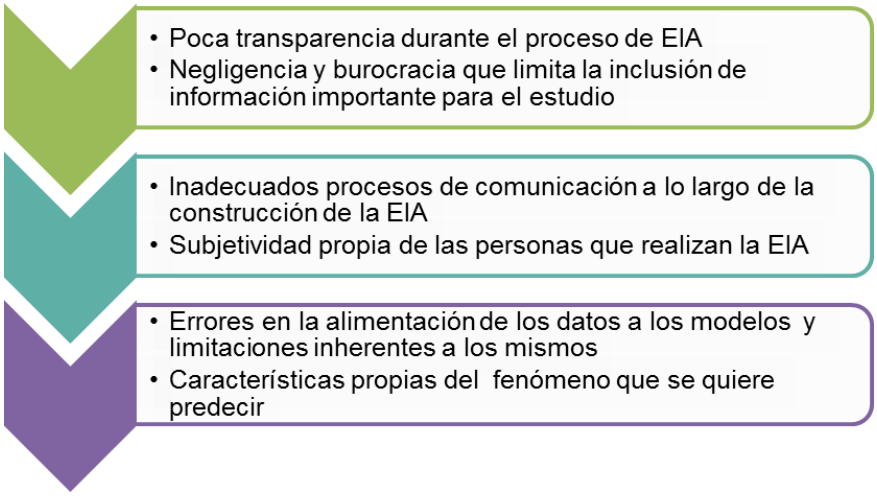

Fuente: Elaboración propia a partir de (Tennoy, et al., 2006)

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que la incertidumbre juega un papel importante en la EIA, por tal motivo, se hace necesario evaluar los impactos ambientales potenciales en la etapa previa a la implementación del proyecto y nuevamente analizar el área de influencia para determinar si se presentaron cambios no identificados. En este sentido es pertinente comparar los resultados obtenidos previa y posterior a la implementación del proyecto con el fin de determinar si los impactos ambientales potenciales se han logrado minimizar o por el contrario éstos han causado cambios al ambiente, así como la identificación de nuevos impactos que inicialmente no se habían tenido en cuenta.

### 2.2.2 Gestión de la Incertidumbre en la Evaluación de Impacto Ambiental

Teniendo en cuenta las limitaciones que existen en Colombia en cuanto a una metodología oficial para la EIA, las entidades de control y expertos académicos han publicado advertencias acerca de la baja calidad de los EsIA que se realizan en el país (Toro, et al., 2010). Las autoridades encargadas invierten esfuerzos en revisar gran variedad de metodologías presentadas por los proponentes, en su mayoría con niveles considerables de subjetivad, generando mayor nivel de incertidumbre y poca exactitud en la predicción de impactos ambientales potenciales. Esta situación fue analizada en Noruega por (Tennoy, et al., 2006) encontrando que la calidad y exactitud de los EsIA tiene un alcance moderado, pues, aproximadamente el 60% de las predicciones de impactos ambientales difieren en más de un 10% de los impactos que realmente se ocasionan en el ambiente. Es por esto que, de manera general, expertos y académicos del (IOM (Institute of Medicine), 2013), identifican las siguientes razones para la deficiencia en la predicción de impactos ambientales (Figura 2-2):

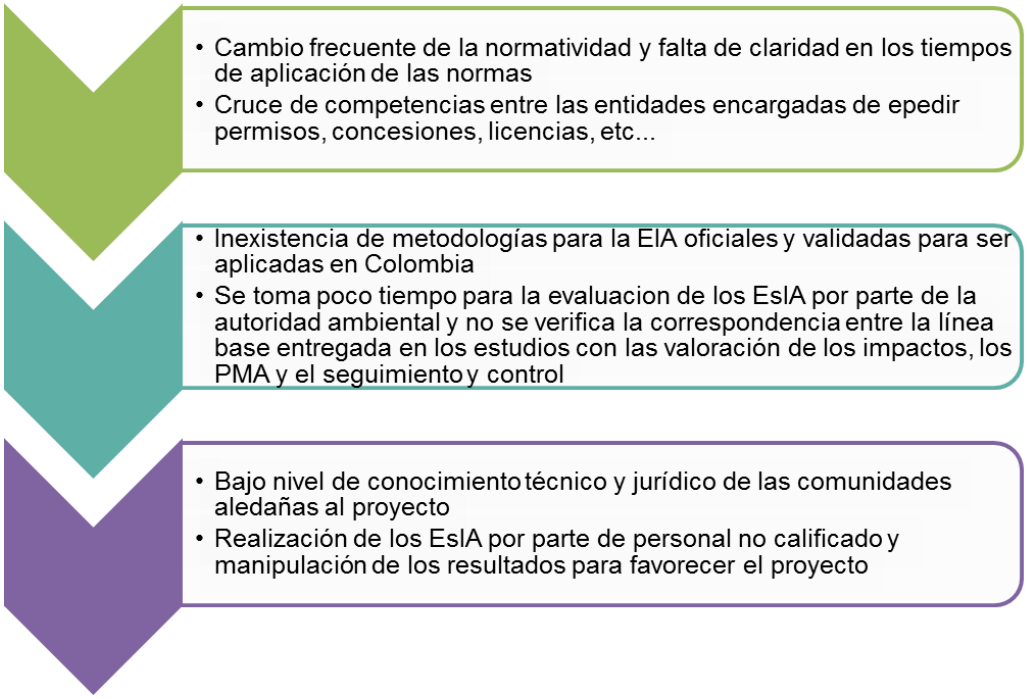
**Figura 2-2:** Principales razones de la deficiente predicción de impactos ambientales




Fuente: Elaboración propia a partir de (IOM (Institute of Medicine), 2013) y (Tennoy, et al., 2006).

En el caso de Colombia, (Martinez, 2013) resalta las siguientes causas principales (Figura 2-3):

**Figura 2-3:** Causas principales de la generación de incertidumbre en la predicción de impactos ambientales en Colombia.




Fuente: Elaboración propia a partir de (Martinez, 2013)

Las causas anteriormente mencionadas tienen su origen en temas netamente administrativos y en la deficiencia institucional, en consecuencia, la EIA posee un alto nivel de incertidumbre ya que estas inciden de manera directa en la precisión que se requiere en la predicción de impactos (Gómez, 2015). Es importante resaltar que la incertidumbre juega un papel importante en la toma de decisiones y específicamente en el diseño de metodologías que permitan su disminución, principalmente en los procesos de seguimiento y control con el fin de prevenir o mitigar impactos ambientales potenciales que puedan significar deterioro irreversible del ambiente.

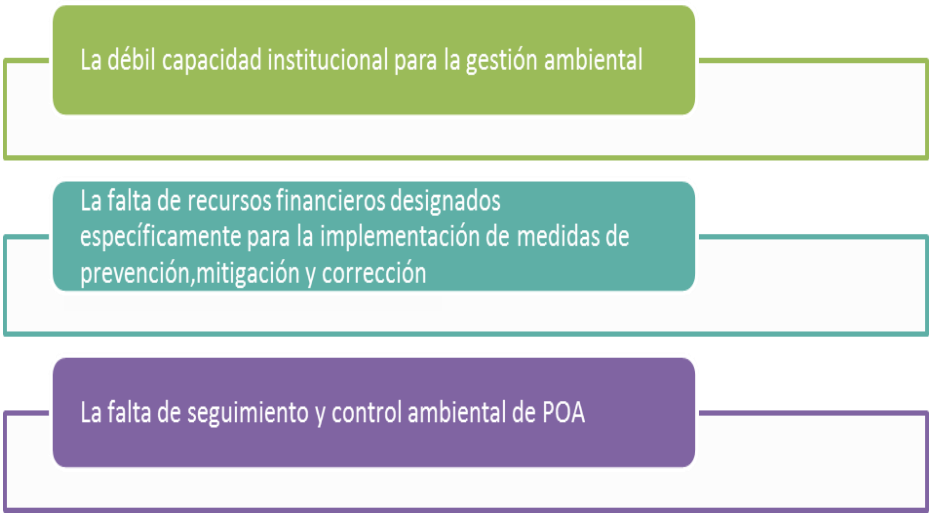
## 2.3 Seguimiento y control en la Evaluación de Impacto Ambiental

El éxito de la EIA está determinado por la exactitud con la que se logra predecir un cambio o alteración en la interacción de las actividades antrópicas con el ambiente. Estos cambios, indican la identificación de impactos potenciales ya sean positivos o negativos sobre el área de influencia identificada. En la actualidad algunos profesionales ambientales dan soluciones teóricas, generando así una enorme diferencia entre lo que se encuentra en los documentos entregados por los proponentes y lo que verdaderamente sucede en campo. Es importante mencionar, que es precisamente en el área de influencia del proyecto donde se verán reflejadas las consecuencias de las actividades.

Lo anterior evidencia la existencia de una brecha entre los impactos identificados y evaluados en la fase de planificación y los impactos evidenciados en la fase de implementación y funcionamiento. Para reducir esta brecha, la autoridad ambiental debe evaluar los EsIA de forma tal que, se incluyan la adopción de medidas apropiadas para la atención de impactos negativos potenciales y la evaluación periódica en la fase de seguimiento. Este proceso puede entenderse como el seguimiento y evaluación de los impactos de un POA que tiene como fin establecer su desempeño ambiental (Morrison Saunders, et al., 2003). De esta forma es pertinente resaltar que es de gran utilidad ya que proporciona información específica sobre las consecuencias reales de un POA a medida que estas van ocurriendo, así como la oportunidad para prevenir, mitigar o corregir los efectos e impactos negativos sobre el ambiente y asegurar como mínimo, el cumplimiento de la normatividad ambiental existente. Adicionalmente, la autoridad ambiental debe tener en cuenta que este proceso es imprescindible para establecer el deterioro del ambiente y a su vez la efectividad de los PMA presentados durante el proceso de licenciamiento (Morrison Saunders, et al., 2003).

En concordancia, (Goodland & Mercier, 1999) señalan que antes de la década de los 90s los resultados de la EIA solían quedarse únicamente en los documentos, como puede suceder actualmente en Colombia, por tres razones principales (Figura 2-4):

**Figura 2-4:** Principales causas de que la EIA solo quede en los documentos




Fuente: Elaboración propia a partir de (Goodland & Mercier, 1999)

Estos autores tienen en cuenta que la EIA se lleva a cabo en un contexto predictivo, de forma tal que se permita la reducción de la incertidumbre incluyendo un plan de manejo ambiental donde se presentan actividades enfocadas a la protección del ambiente en la fase de implementación. (Goodland & Mercier, 1999), en este sentido proponen que el PMA no sea visto como un documento anexo insignificante, sino por el contrario, una prioridad que este interrelacionada con la EIA, de forma tal que pueda justificar actividades de manejo ambiental de impactos que no estaban identificadas y evaluadas en la fase de predecisión.

El cumplimiento de la normatividad tiene un papel importante dentro del componente de seguimiento y control ambiental, lo cual sugiere identificar y evaluar consecuencias reales en contraposición a la identificación y evaluación inicial de impactos potenciales. Estos estándares y límites máximos establecidos en la normatividad están basados en estudios científicos que proporcionan confiabilidad, de tal manera que es una herramienta fundamental en los procesos de seguimiento ya que permiten la identificación de impactos con mayor facilidad.

El seguimiento y control permite determinar los resultados de la EIA, incorporar la retroalimentación en el proceso y aprender de la experiencia obtenida. Por lo anterior, el seguimiento y control es una herramienta que permite asegurar la efectividad de la EIA y

disminuye la incertidumbre inherente a la subjetividad, el sesgo del evaluador y la complejidad del ambiente (Ahammed & Nixon, 2006); (Gachechiladze-Bozhesku & Fischer, 2011); (Modak & Biswas, 1999); (Munro, 1987); (Sadler, 1996); (Ortolano, et al., 1987); (Toro, et al., 2010); (Wood, 2003), de esta manera, este proceso desempeña un papel importante en los EsIA y sin su aplicación, la EIA no tendría credibilidad, pues los recursos económicos, de tiempo y esfuerzo invertidos en el establecimiento de la línea base y la valoración de impactos, no tendrían sentido a menos que se puedan probar estas predicciones y establecer si las acciones de mejora han cumplido su función (Ahammed & Nixon, 2006).

La implementación de metodologías de seguimiento y control en los EsIA está justificada en la literatura y existe evidencia científica sobre su implementación (Hollick, 1986); (Leu, et al., 1996); (Noble & Storey, 2005); (Storey & Jones, 2003); (Sadler, 1996); (Tomlinson, 1987). No obstante, la importancia del seguimiento y control ambiental sigue siendo la etapa menos tenida en cuenta, por las pocas técnicas desarrolladas (Morrison Saunders, et al., 2003). En Colombia el panorama no varía mucho, pues efectivamente no existe una metodología oficial para realizar la EIA y mucho menos una metodología para realizar un completo y pertinente proceso de seguimiento y control (Figura 2-5).

En su trabajo de investigación, (Campos Vieda, 2015) establece tres enfoques distintos para el seguimiento y control de la EIA citando a (Morrison Saunders, et al., 2003), los cuales tienen como objetivos primordiales: el primero son el monitoreo y evaluación, las cuales tienen relación directa con la predicción de impactos, la toma de mediciones en campo, la auditoria del cumplimiento de las actividades y el diseño e implementación de medidas que permitan la prevención, mitigación o corrección de impactos potencialmente negativos; el segundo es la evaluación de los componentes de la EIA, en donde se revisa que tan efectiva es la EIA en un área de influencia determinada y el tercero que tiene que ver con eficacia de la EIA, la cual pretende identificar si esta se ha realizado con la rigurosidad requerida o de manera general.

## 2.4 Proceso de Seguimiento y Control en el mundo

A pesar de que a nivel mundial se han mejorado de manera significativa las regulaciones en materia ambiental como las técnicas para realizar la evaluación del impacto ambiental, el proceso de seguimiento y control de proyectos, se ha desarrollado únicamente en los

últimos 30 años. Por ejemplo, en los países bajos, la normatividad en materia de evaluación de impactos significativos se adoptó en el año de 1987, en esta se establecía que la EIA debía realizarse antes y después de la implementación del proyecto (Meijer & Van Vliet, 2000), (Arts, 1998). En Holanda, por su parte, la EIA posterior a la implementación del proyecto es realizada por la autoridad ambiental, por supuesto, el proponente debe suministrar la información necesaria para tal fin, con base en lo anterior la autoridad ambiental emite un informe técnico que se hace público y finalmente se decide si continúa concediendo o no la autorización para que el proyecto continúe operando.

Si bien estas medidas parecen favorecer en gran manera el proceso de EIA, existe la necesidad de un enfoque más selectivo en cuanto a una metodología específica para el seguimiento y control que garantice la calidad del ambiente (Arts, 1998). Lo anterior resulta ser un tema de gran importancia en los países bajos, quienes establecen criterios de selección y alcance del seguimiento y control en la EIA, los cuales se presentan en la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Criterios de selección y alcance del seguimiento y control en la EIA

| **Criterios de selección y alcance del seguimiento y control en la EIA** |
|---|
| En general el seguimiento en la EIA puede ser más efectivo si se tiene como objetivos, el control del proyecto y la veracidad de la información. Adicionalmente, se consideran algunos criterios de selección con el fin de establecer la necesidad de seguimiento de un proyecto determinado:<br><br>▪ Complejidad o grado de incertidumbre de la EIA<br>▪ Desconocimiento de la eficacia de las medidas de prevención, mitigación, corrección o compensación propuestas<br>▪ Complejidad de una actividad propuesta, inclusión de tecnologías nuevas o no probadas para su implementación<br>▪ Características del área donde se propone la implementación del proyecto<br>▪ Factor de riesgo si las medidas de prevención, mitigación o corrección no son correctamente implementadas<br>▪ Sensibilidad social y política frente al desarrollo del proyecto<br>▪ Desarrollos intermedios, por ejemplo, cambios significativos |
| Para determinar el alcance del seguimiento y control en la EIA, se establecieron criterios similares a los mencionados anteriormente. Además, la viabilidad del seguimiento y control es fundamental para determinar el alcance de la EIA. La viabilidad se relaciona directamente con las siguientes preguntas: |

| Criterios de selección y alcance del seguimiento y control en la EIA |
| --- |
| ▪ ¿Es posible probar y medir el problema? La disponibilidad de información o metodologías apropiadas son consideraciones relevantes aquí.<br>▪ ¿Es viable desde el punto de vista financiero? El proceso de seguimiento y control solo tendrá éxito si cuenta con un presupuesto asignado suficiente.<br>▪ ¿Es posible toma medidas adicionales? Aquí juegan un papel fundamental procedimientos jurídicos, competencias del proponente y organismos reguladores.<br>▪ ¿Cuál es la capacidad de reacción? Por ejemplo, la capacidad para toma medidas correctivas si fuere el caso o para dar respuesta inmediata a eventos imprevistos.<br>▪ ¿Cuál es el potencial para aprender de la experiencia? Este ítem es fundamental para la planificación de actividades dentro de un proyecto. |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Arts, et al., 2013)

(Meijer & Van Vliet, 2000) Proponen un enfoque selectivo para el proceso de seguimiento y control que basa su fundamento en los criterios de control como revisión de permisos y cumplimiento de la normatividad ambiental vigente; información, en donde se identifican deficiencias como el grado de incertidumbre y la falta de conocimiento; comunicación interna y externa, principalmente a las partes interesadas.

A partir de lo anterior, (Meijer & Van Vliet, 2000) plantean que el seguimiento y control juega un papel fundamental en cualquier tipo de proyecto, tanto en los de gran magnitud, como en los de menor escala, como consecuencia, es pertinente que los proponentes o ejecutores de los proyectos, en cualquiera de los dos escenarios identifiquen el alcance del proceso de seguimiento y control, toda vez que la información suministrada por ellos como es el caso de los resultados de los monitoreos, es el punto de partida para la evaluación realizada por la autoridad ambiental. Por su parte, (Denis, 2000) resalta la importancia de establecer rigurosamente el alcance para llevar a cabo el proceso de seguimiento y control y la importancia de diseñar los programas ambientales teniendo en cuenta los resultados del seguimiento. El autor también destaca la importancia de integrar los monitoreos en el proceso.

En ese orden de ideas, el proceso de seguimiento y control debe ser un incentivo para mejorar la calidad de la gestión ambiental del proyecto. De manera similar, (Meijer & Van Vliet, 2000) identifican que la participación comunitaria es esencial, todos los proyectos obras o actividades deben estar en permanente comunicación con las partes interesadas especialmente con las comunidades, que además hacen parte de su área de influencia.

Esta participación de las comunidades es necesaria en etapas previas a la ejecución del proyecto, pues su conocimiento del territorio es vital en la toma de decisiones. Adicionalmente señalan que existen dos enfoques que pueden ser adoptados para llevar a cabo el proceso de seguimiento y control incluyendo la participación de las comunidades, el primero, es hacer uso de agencias de control independientes, a manera de una interventoría ambiental y el segundo es un enfoque en el que el público en general pueda tener acceso a los datos de seguimiento.

En Canadá, (Ross, 2000) llevó a cabo un experimento en materia de seguimiento y control en un importante proyecto de minería de diamantes en el norte del país. En este caso una agencia de monitoreo independiente fue contratada con el fin de realizar seguimiento permanente y exhaustivo de la gestión ambiental de la mina. Adicionalmente, el gobierno de Canadá, las autoridades regionales, los grupos nativos de la región y la agencia (IEMA) eran responsables del seguimiento y control no solo de la mina, sino también de la empresa proponente. La agencia se componía de personas idóneas seleccionadas rigurosamente por las organizaciones anteriormente mencionadas. Las tareas de la IEMA en Canadá incluían:

- Revisar y comentar sobre el seguimiento a planes de manejo y sus resultados.
- Participación en procesos regulatorios directamente relacionado con cuestiones medioambientales relacionadas con la mina, sus impactos y sus efectos acumulativos.
- Incluir conocimientos tradicionales y preocupaciones de los pueblos aborígenes y el público en general a los operadores de la mina y al gobierno.
- Mantener informados a los pueblos aborígenes y al público sobre las actividades y resultados de los procesos de seguimiento y control llevados a cabo por la Agencia.
- Redacción de un informe anual con recomendaciones que requieran la respuesta del proponente y gobierno.

Las grandes fortalezas de este enfoque para el seguimiento y control son la independencia de la Agencia y su directa Comunicación bidireccional con todas las partes interesadas en el proyecto (Ross, 2000). Otro caso que es pertinente mencionar es la terminal petrolera de Shetland que presentó un caso similar, en 1977 en donde se

creó un grupo de asesoría y seguimiento ambiental con el fin de determinar los efectos de la estación de crudo Sullom Voe en las islas. Este grupo comprendía representantes de la industria, gobierno, autoridades locales, expertos académicos entre otras organizaciones.

En Hong Kong ha evolucionado una metodología de seguimiento y control muy diferente. Se parte del mismo enfoque, pero con el objetivo principal de mejorar la comunicación con las comunidades al informarles acerca de las actividades de seguimiento y control que se lleven a cabo. A principios del año 2000, el departamento encargado de la protección del Medio Ambiente, desarrollo un aplicativo web, basado en un sistema de monitoreo y auditoría ciberambiental para megaproyectos en desarrollo. Este sistema tiene una serie de ventajas (Hui, 2000):

- Acceso múltiple / ilimitado por los usuarios de la web.
- Monitoreo en tiempo real y disponibilidad de datos (es decir, imágenes y datos de seguimiento recogidos de los sitios de desarrollo, se pueden cargar en el sitio web).
- Se permite la comunicación bidireccional, es decir, el público también puede hacer sus comentarios o incluso quejas sobre el proyecto a través del sitio web; y
- Mejoras en la base de conocimientos para la EIA, optimización de procesos en los proyectos y seguimiento y auditoría. La información almacenada para un proyecto se puede recuperar fácilmente, en comparación con las predicciones realizadas en la EIA, con un sistema cibernético, la información y la experiencia recogida podría ser almacenada y manejada sistemáticamente.

La participación y comunicación con las comunidades es importante para realizar un proceso de seguimiento y control efectivo. Las tecnologías de la información existentes proporcionan nuevas oportunidades para la participación pública. La mayoría de la literatura existente sobre seguimiento y control de proyectos proviene de países desarrollados los cuales tienen grandes trayectorias en la optimización del proceso de evaluación de impactos ambientales. Por otra parte, los desafíos que presentan en esta materia los países en desarrollo son mayores, (O'Beirne, et al., 2000) señala que, en el proceso de fundición de aluminio en Sudáfrica y Mozambique, el proceso de seguimiento y control está limitado debido a la capacidad de las autoridades, un marco regulatorio deficiente y alteraciones del bienestar y la salud humanas. Respecto a estos últimos, el

VIH / SIDA y la malaria, representan problemas particulares. Por ejemplo, el desarrollo de una nueva fundición y la llegada de nuevos trabajadores puede causar una mayor propagación del VIH / SIDA y malaria entre la comunidad local.

Un problema adicional de gran importancia para el desarrollo de los países es el "sector informal" que se refiere a personas atraídas a los sitios del proyecto para comerciar con los trabajadores. Los comerciantes informales pueden estar fuera del control de los proponentes del proyecto y sin embargo, puede tener un impacto significativo en el estilo de vida y bienestar de la comunidad, en lo que se refiere a la propagación de enfermedades y amenazas a la seguridad de los trabajadores (O'Beirne, et al., 2000). De ahí que el seguimiento necesite incorporar las interacciones entre los proyectos y la comunidad local.

Otro caso de gran importancia es el del Complejo Hidroeléctrico La Grande en Quebec, Canadá, en donde se destaca la importancia de las comunidades locales (Denis, 2000). El programa de seguimiento y control ha tenido en cuenta especialmente el conocimiento ecológico de las comunidades, también se ha prestado atención a la creación de pequeños grupos de trabajo mediante los cuales son representadas las comunidades locales.

En Estados Unidos, se ha ganado experiencia involucrando comunidades locales en proyectos de EIA, por ejemplo, en los programas de seguimiento para el Gran Proyecto de la presa del cañón y en los proyectos petroleros y de gas costa afuera, especialmente desarrollados en el Golfo de México (Austin, 2000). Los resultados indican que la participación de la comunidad en el proceso de seguimiento y control ha ayudado a las comunidades a aumentar su capacidad para sobrellevar los impactos causados por estos proyectos. Estas experiencias, aclaran la importancia de las circunstancias locales específicas que deben tenerse en cuenta durante el proceso de seguimiento y control, así como la utilidad de emplear el conocimiento de las comunidades locales al hacer EIA.

Por lo anterior, el proceso de seguimiento y control no es estático y debe estar sujeto a ajustes y mejora continua. En su discusión sobre EIA canadiense, la práctica de (Wlodarczyk, 2000) sugiere que las mejoras para el seguimiento, se deben hacer en forma incremental, adicionalmente, subraya la importancia de un enfoque que puede ser

implementado, rápidamente, estas metodologías son susceptibles de evolucionar con el tiempo, y eso incluye un mecanismo para rastrear y evaluar la efectividad del proceso.

Lo anterior sugiere, una mejor adaptación ambiental para lo cual es vital una adecuada gestión frente a la incertidumbre. (Morrison-Saunders & Bailey, 2000) Informaron sobre las actividades de gestión ambiental para seis estudios de caso para los cuales se realizó EIA en Western Australia, en estos estudios, se encontró la práctica de un enfoque flexible, que está acorde con un ambiente dinámico. Por lo anterior, la gestión y seguimiento ambiental se basan en el cumplimiento de los objetivos ambientales en lugar de la implementación de medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación únicamente. También encontraron que, con un ambiente adaptativo y un enfoque de gestión que reduzca la incertidumbre, los proyectos podían responder mejor a impactos inexactos e inesperados, que de lo contrario podrían haber sido ignorados. Los autores también sugirieron que es útil centrarse en los resultados de la gestión ambiental durante los procesos de seguimiento y control para determinar el grado en el cual el ambiente se ha visto afectado según lo previsto en por el proceso de EIA.

El enfoque dinámico y adaptable para el seguimiento y control, es necesario para mantener el enfoque holístico en la EIA. Por ejemplo, el proceso de seguimiento y control debe ser obligatorio y constante durante todas las etapas del proyecto, por otra parte, la apertura de la participación de las comunidades en el análisis de los monitoreos y en la toma de decisiones es fundamental para llevar a cabo el proceso con éxito. En todos los procesos de seguimiento todas las partes interesadas deben participar, el intercambio de información es necesario para garantizar una buena calidad ambiental.

### 2.4.1 Mejora continua en la gestión de proyectos

El proceso de seguimiento y control requiere evaluación tanto al inicio, como a lo largo de todo el proyecto, además de proporcionar valiosas oportunidades de mejora continua. La efectividad del seguimiento mejora, cuando los resultados de un programa son la base de la planeación futura, un enfoque que va más allá, basado en la atención inmediata y efectiva de contingencias genera oportunidades de buenos resultados en el proceso de seguimiento y control de proyectos. El seguimiento y monitoreo en campo, da lugar a una gestión ambiental que se adapta a la implementación del proyecto y por tanto debe estar relacionada con las actividades de los PMA (Arts, et al., 2013).

Australia Occidental a través de su experiencia ha demostrado como primera medida, que tener un enfoque que muestre adaptación a los cambios en las etapas posteriores a la decisión de la EIA puede resultar efectivo, segundo, que es esencial para la implementación del seguimiento y control de proyectos el contar con los recursos adecuados (tanto financieros como capacidades profesionales).

Sin embargo, esto no implica, que el proceso de seguimiento y control requiera inversiones de gran magnitud tanto para los proponentes como para las autoridades, la eficiencia del proceso en lo que se refiere a recursos de tiempo, dinero y personal, puede disminuir de forma significativa, al adoptar un enfoque flexible y práctico (por ejemplo, utilizando sistemas de monitoreo sencillos con tiempos cortos de retroalimentación que producen resultados rápidos). Iniciativas recientes en los Países Bajos han logrado traducir el proceso de seguimiento a programas, haciendo un uso eficiente de las metodologías existentes de seguimiento y control, además de permitir la implementación de mejora continua de los programas de gestión ambiental con poca inversión en Personal y recursos financieros (Arts, et al., 2013).

## 2.5 Proceso de Seguimiento y Control en Colombia

De acuerdo con el informe de la (Contraloría General de la República, 2006), las actividades de seguimiento y control de los proyectos, obras o actividades debe estar en cabeza de la autoridad ambiental que otorga la licencia, ésta realiza una exhaustiva revisión de la documentación presentada por el proponente como PMA, EIA, seguimiento y control y el plan de contingencia, durante la etapa de licenciamiento. Por otra parte, la responsabilidad de realizar actividades correspondientes al proceso de seguimiento y control quedó a cargo de las autoridades ambientales, a partir de la aplicación del (Decreto 1728 , 2002). Posteriormente se presentaron cambios como la eliminación de la revisión de los balances contables del manejo ambiental del proyecto, la posibilidad de ordenar la suspensión de actividades (Decreto 1180, 2003) y la eliminación de los objetivos del seguimiento. Por su parte, el requerimiento de realizar cada cierto periodo de tiempo ajustes los PMA, si se requiere, teniendo en cuenta la experiencia y soportado en conceptos técnicos (Decreto 1220, 2005).

Lo anterior pone en evidencia el por qué la fase de seguimiento y control en la mayoría de las ocasiones se le da poca importancia, pues al quitarle a las autoridades

ambientales estas funciones, el principio de prevención pierde importancia y no permite que el desarrollo de los proyectos incluya medidas de prevención, mitigación y correctivas. Por lo anterior, es deber del estado prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales si fuere el caso y exigir la reparación inmediata de los daños causados, pero desafortunadamente estas funciones muy pocas veces se cumplen.

En el proceso de Licenciamiento Ambiental en Colombia, las actividades relacionadas al seguimiento y control son las que presentan mayor debilidad y por consiguiente son las más deficientes. Adicional a esto y teniendo en cuenta que el seguimiento y control, como se mencionaba anteriormente quedó en cabeza de las autoridades ambientales solo hasta el año 2002, las bases de datos requeridas para llevar a cabo de forma eficiente esta labor presenta serias deficiencias, un claro ejemplo de esto es que ninguna corporación autónoma registra la adopción del manual de seguimiento de proyectos dentro de sus procedimientos. La (Contraloría General de la República, 2017) evidencia, por tanto, la deficiencia en la definición de criterios y lineamientos para los procesos de seguimiento y control. Otra situación importante que mencionar es la falta de indicadores, por medio de los cuales se evalúa la eficiencia de la gestión ambiental de los POA. Esta situación, aporta debilidad al proceso y ha sido incluso reportada por académicos y gremios productivos.

En una de las observaciones realizadas por la (Contraloría General de la República, 2006) es la forma de vinculación laboral adoptada por las autoridades ambientales, pues contratan personal técnico y profesional por un tiempo determinado y el indicador por el que estos son medidos depende del número de expedientes que logre evacuar, adicional a esto no se garantiza la continuidad de los profesionales que permitan hacer seguimiento exhaustivo a un proyecto determinado. Esta situación genera gran preocupación, pues el ejercicio de evaluación y por supuesto el de seguimiento y control no se realiza con la rigurosidad que se requiere.

Todo lo descrito anteriormente expone la necesidad de fortalecer los procesos de seguimiento y control para los POA y llevar a cabo su implementación de manera juiciosa y objetiva por parte de las diferentes autoridades ambientales, lo anterior con el fin de evitar que este proceso pierda toda eficacia y se convierta en un simple trámite

administrativo de alto costo y sin ninguna funcionalidad para el mejoramiento ambiental del país.

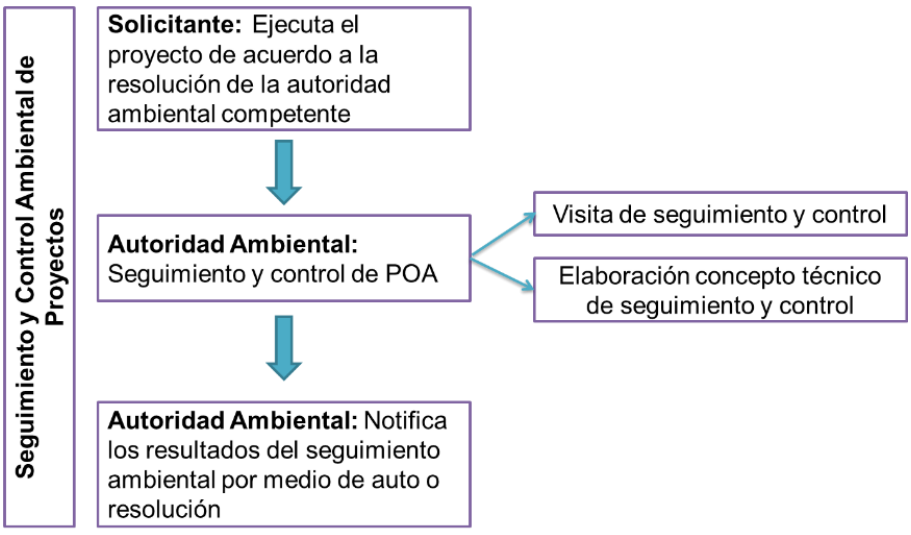
La realidad ambiental del país en cuanto a la prevención del deterioro del ambiente está directamente relacionada a las actividades de seguimiento y control, las cuales a su vez, deben ser para la autoridad ambiental una herramienta indispensable para la ejecución de una gestión ambiental responsable por parte de los proyectos, adicionalmente, tiene que garantizar que el estado inicial del ambiente permanezca, , por tanto, las autoridades ambientales deberían estar en capacidad de reglamentar, controlar y planificar los POA que se ejecutan en su jurisdicción. Desafortunadamente actualmente únicamente se apunta a la solicitud de exhaustivos EsIA y al diseño de planes de manejo ejemplares, pero no se pone atención al fortalecimiento de la rigurosidad en el proceso de seguimiento, de forma tal que se pueda evaluar la pertinencia y aplicabilidad de las medidas planteadas en estos documentos, como consecuencia la gestión ambiental de proyectos, en su mayoría, se muestra eficiente en la teoría, pero es evidente que el deterioro del ambiente muestra todo lo contrario.

En lo que se refiere a quienes son los encargados de realizar los procesos de seguimiento y control en Colombia, lo cual implica una gran responsabilidad, por medio del (Decreto 3266, 2004) se asignó esta tarea a la Dirección de Licencias Permisos y Trámites Ambientales, adscrita al despacho del Viceministerio del Ambiente, que cuenta con un grupo especializado de profesionales y procesos rigurosamente acogidos al Manual de Seguimiento Ambiental. Para llevar a cabo el proceso de seguimiento y control, como primera medida es asignado un profesional de planta para ejercer la coordinación del equipo de seguimiento, posterior a ello, se selecciona un grupo de profesionales contratistas de distintos perfiles, quienes deben asumir, un número determinado de expedientes asignados que no logra cubrir la totalidad de los proyectos objeto de seguimiento. Por lo anterior, un gran número de POA queda fuera del alcance del equipo de seguimiento y control. En las corporaciones, las dependencias y los funcionarios encargados del proceso de seguimiento y control son los mismos que realizan el trámite y la expedición de las licencias ambientales y que además cumplen funciones de control y seguimiento de permisos, concesiones y demás instrumentos expedidos (Contraloría General de la República, 2006).

Teniendo en cuenta que estas instituciones no tienen instrumentos técnicos estructurados, ni actos administrativos que adopten el proceso de seguimiento y control, los procesos de seguimiento y control se adelantan sin la planeación y rigurosidad que requieren, de esta manera establecen categorías que permitan priorizar proyectos según su magnitud o aquellos que han presentado alguna denuncia, queja, reclamo o alguna otra particularidad. Por otra parte, es preocupante que, a pesar de que el (Decreto 1552, 2005) establece la obligación de adoptar el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos a todas las autoridades ambientales regionales, ninguna Corporación hace referencia del uso y la implementación de este Manual como un instrumento para las actividades de seguimiento y control en sus jurisdicciones.

Como consecuencia, las autoridades ambientales justifican su bajo nivel de seguimiento y control debido a la falta de presupuesto para el desarrollo de estas actividades. Si bien esta puede ser una situación que está ligada directamente con la asignación presupuestal, pues a estos procesos por lo general se les asigna el menor rubro, la ineficiencia en los procesos de cobro y recaudo afecta en gran medida la oportunidad de asignar mayores recursos a las labores de seguimiento y control (Contraloría General de la República, 2006) (Figura 2-5).

**Figura 2-5:** Limitaciones del proceso de Seguimiento y Control Ambiental

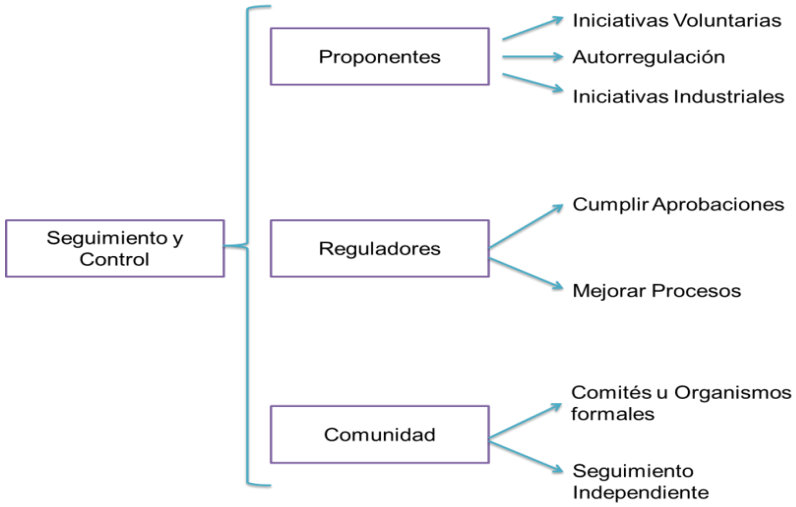



Fuente: Elaboración propia a partir de (Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos, 2002)

### 2.5.1 Factores que limitan el seguimiento y control ambiental en Colombia

Existen tres grupos principales de partes interesadas que participan en el seguimiento de la EIA En el caso de Colombia son: i) el proponente, ii las comunidades aledañas y iii) la autoridad ambiental. El seguimiento y control ejercido por la autoridad ambiental difiere en gran manera del proceso de seguimiento ejercido por los proponentes debido a que estos últimos, se basan principalmente en los programas de gestión diseñados, los cuales incluyen iniciativas voluntarias, autorregulación o iniciativas lideradas por la industria (sistemas de gestión ambiental), mientras que el seguimiento realizado por las autoridades ambientales, se encarga de ejercer control sobre las actividades que pueden generar impactos negativos potenciales sobre el ambiente con el fin de garantizar que se cumplan las condiciones de aprobación de la EIA, así como aprender de la experiencia para mejorar los procesos de EIA en el futuro. Por su parte, las actividades de seguimiento realizadas por la comunidad, pueden variar desde quejas y reclamos instaurados por habitantes del sector, hasta la conformación de comités formales establecidos para supervisar la ejecución de actividades de las cuales la comunidad ha sufrido los impactos (Figura 2-7), es de gran importancia resaltar que el conocimiento que poseen las comunidades acerca de las dinámicas del territorio, es una fuente de conocimiento valiosa (Morrison Saunders, et al., 2003) (Figura 2-6).

**Figura 2-6:** Partes interesadas presentes en la EIA

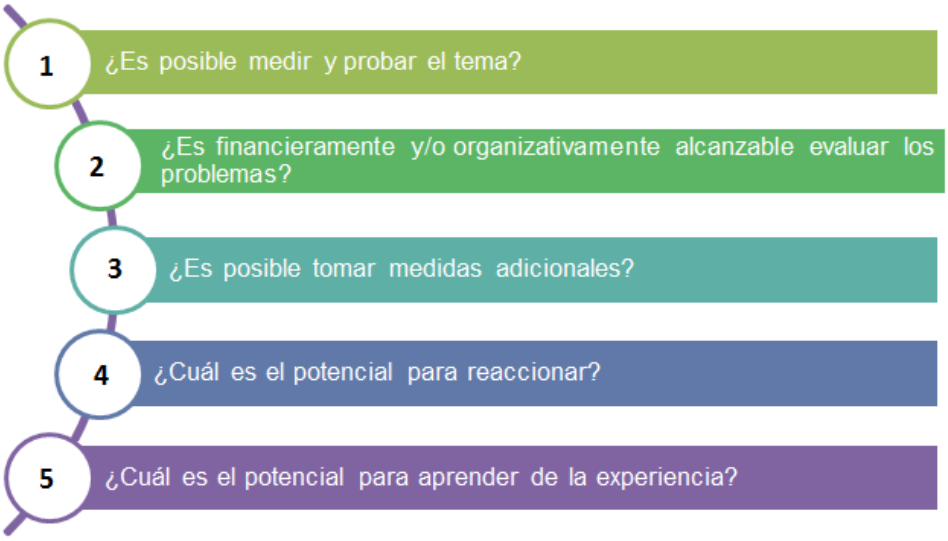



Fuente: Elaboración propia a partir de (Campos Vieda, 2015).

De acuerdo con lo reportado por (FEARO, 1993), (Arts, et al., 2001), el seguimiento y control en la EIA debe considerar criterios de selección básicos como el grado de incertidumbre del EsIA y de las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación establecidas, la complejidad de una actividad (el uso de tecnologías muy nuevas que aún no han sido probadas), la vulnerabilidad ambiental del ambiente en el área de influencia del proyecto, el factor de riesgo a tener en cuenta en caso de que las medidas de mitigación no sean implementadas correctamente y la vulnerabilidad política y social del proyecto.

Por consiguiente, es de vital importancia establecer qué temas deben ser incluidos en el seguimiento, de esta manera la viabilidad del seguimiento y control es esencial para establecer el alcance del estudio y está directamente relacionada con los siguientes interrogantes (Arts, et al., 2001) (Figura 2-7):

**Figura 2-7:** Limitaciones del proceso de Seguimiento y Control Ambiental




Fuente: Elaboración propia a partir de (Campos Vieda, 2015).

Para lograr que el proceso de seguimiento y control sea eficiente, se requiere tener en cuenta: la disponibilidad de información, metodologías apropiadas de las cuales su aplicabilidad sea pertinente, presupuesto y personal idóneo requerido, competencias del proponente, organismos reguladores y procedimientos jurídicos, aplicar medidas correctivas cuando sea necesario, gestión ambiental adaptativa y planificación efectiva

de actividades. Hoy en día muy pocas directrices internacionalmente aceptadas promueven el seguimiento en la EIA, estos principios establecen el punto inicial para ello.

Teniendo en cuenta estos planteamientos, es importante resaltar, que no hay una sola manera "correcta" para llevar a cabo el seguimiento en la EIA, esta debe ser dinámica y, sobre todo, debe adaptarse a las necesidades cambiantes de las partes interesadas, tipo de proyecto y metodologías de evaluación del impacto ambiental aplicadas.

El seguimiento y control en la EIA tiene una estrecha relación con el manejo de la incertidumbre en la predicción de los impactos, posterior a la decisión de ejecución de un proyecto, obra o actividad, con el fin de prevenir o mitigar impactos no deseados o que superen los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad. La actividad de seguimiento y control debe tener toda su atención en los impactos ambientales que pueden generar daños al ambiente (Glasson, et al., 2005) referenciando a (Lee & Wood, 1980).

Teniendo en cuenta lo anterior y debido al alto grado de responsabilidad que se requiere en la toma de decisiones, es importante resaltar que no todos los procesos de evaluación de impactos se hacen de forma ética y transparente encontrando desafíos como: no identificar impactos importantes, la eficacia del proceso de evaluación, pues éste debe proporcionar información relevante acerca de la implementación de los impactos, la eficiencia en los monitoreos, pues la toma innecesaria de mediciones puede distraer la atención de la evaluación hacia direcciones erradas, planeación estricta del proceso de seguimiento, aplicación de medidas de mitigación innecesarias por dudas en la predicción de impactos.

La correcta predicción de los impactos depende directamente de la gestión de la incertidumbre, una inadecuada gestión de la incertidumbre sugiere restar importancia a un impacto potencial lo cual trae como consecuencia error en la formulación de las medidas de prevención, mitigación o corrección y por consiguiente las medidas de seguimiento tampoco serían las necesarias y el ambiente se vería gravemente afectado. En su trabajo de investigación, (Campos Vieda, 2015) señala algunos factores que limitan el seguimiento como son: la limitación de recursos, haciendo referencia a que la asignación presupuestal no tiene prioridad en los procesos de seguimiento y control, la poca organización y coherencia en la asignación de responsabilidades a los

profesionales encargados de los procesos de seguimiento y control o más grave aún en la falta de competencias y conocimiento técnico de los mismos, evaluaciones de impacto ambiental inadecuadas, pues en muchas ocasiones la información suministrada por los proponentes no coincide con lo que se evidencia en campo y estas discrepancias no son verificadas ni de conocimiento de la autoridad ambiental, técnicas de seguimiento inadecuadas.

Finalmente, (McCallum, 1986) afirma que en la mayoría de las ocasiones los datos del proyecto necesarios para el seguimiento, no siempre están disponibles, lo anterior infiere que también se han tenido deficiencias en la etapa de evaluación, pues la gestión de la incertidumbre es la clave para determinar si es necesario o no el proceso de seguimiento, en consecuencia, es posible que no suministren por completo los datos de las incertidumbres que los tomadores de decisiones requieren para su análisis (Noble & Storey, 2005).

### 2.5.2 Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos

Con el fin de descongestionar y agilizar el proceso de licenciamiento ambiental y con la responsabilidad por parte de las instituciones de brindar a los usuarios una respuesta ágil y oportuna, el Ministerio de Ambiente creó el Manual de Seguimiento Ambiental de proyectos el cual tiene como objetivos, entre otros (Ministerio de Ambiente, 2002):

- **Objetivo General:** Establecer y definir criterios técnicos y el procedimiento para el seguimiento ambiental de proyectos licenciados o con PMA establecidos por la autoridad ambiental competente.

- **Objetivos Específicos:**

  - Indicar las funciones y responsabilidades de los profesionales designados para realizar el seguimiento de proyectos licenciados y/o con planes de manejo establecidos.

  - Definir instrucciones de trabajo que detallen tanto los pasos como los criterios que los profesionales encargados del seguimiento deben cumplir durante cada actividad a su cargo.

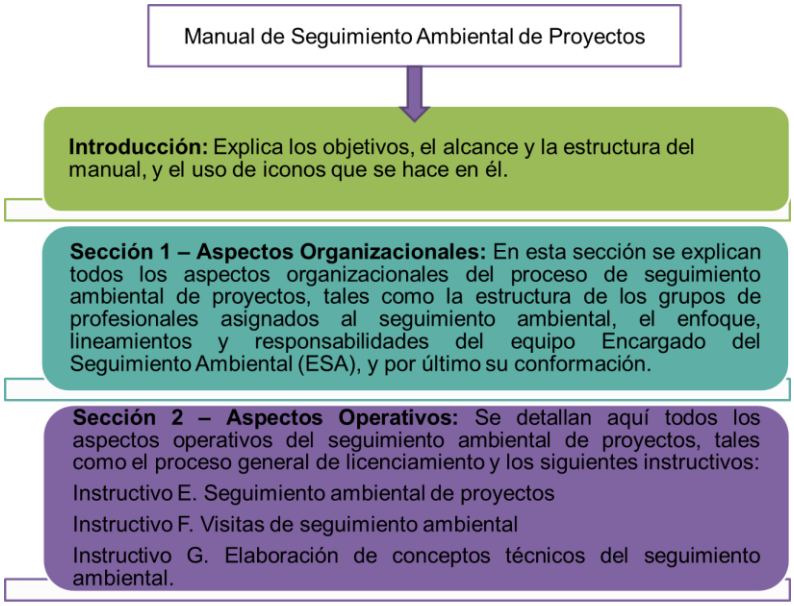
- Definir el contenido que deben tener los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) presentados por el beneficiario de la licencia ambiental.

- Establecer los criterios técnicos necesarios para orientar visitas de seguimiento.

- Establecer los pasos por seguir y los aspectos que se deben considerar durante la elaboración del concepto técnico de seguimiento por parte del equipo Encargado del Seguimiento Ambiental (ESA) de la autoridad ambiental competente".

El manual detalla las actividades que deben desarrollar los profesionales asignados para realizar el seguimiento de proyectos licenciados y/o con PMA establecidos. Igualmente, establece a manera de lineamientos, los criterios para el seguimiento de estos proyectos y propone herramientas operativas como listas de chequeo, formatos y ejemplos que apoyan, orientan y facilitan las labores técnicas de los profesionales encargados del seguimiento ambiental. En la Figura 2-8 se describe de forma genérica el contenido del Manual.

**Figura 2-8:** Contenido Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos




Fuente: Elaboración propia a partir (Ministerio de Ambiente, 2002)

Para llevar a cabo el proceso de seguimiento y control de proyectos, obras o actividades, el Ministerio de Ambiente nombra un Equipo interdisciplinar (Equipo de Seguimiento Ambiental - ESA) quienes aseguran que en el proceso de seguimiento se haga énfasis en los problemas más significativos, dedicando menos atención y tiempo a aquellos aspectos menos relevantes.

Por lo anterior, establecen algunos componentes en los cuales se debe prestar atención:

- Cobertura, la cual implica tener un conocimiento completo del proyecto, desde sus antecedentes.

- Impactos significativos, los datos suministrados por el proponente con el fin de ser revisados de manera exhaustiva.

- Las tareas ambientales sugieren una gran importancia por cuanto deben ser debidamente identificadas y estructuradas a cargo del beneficiario de la licencia ambiental.

- La información suministrada debe estar debidamente soportada, analizada y los datos suministrados deben ser válidos y confiables.

- El proceso de seguimiento debe ser integral y debe tener una lógica racional y sistemática; la exactitud en la información suministrada por el proponente no debe dar lugar a ambigüedad en la interpretación.

- El seguimiento y control debe tener su fundamento en el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Lo anterior, muestra claramente la generalidad de los criterios utilizados para priorizar aspectos en los proyectos, obras o actividades, pues no se realiza un ejercicio juicioso de revisión de metodologías para la identificación y evaluación de impactos ambientales, ni por de metodologías para el seguimiento y control ambiental. Adicionalmente, el Manual establece lineamientos a partir de los cuales el Equipo de Seguimiento Ambiental (ESA) debe realizar la revisión de EsIA, los cuales se describen a continuación:

- **Objetividad:** El proponente puede traer al proceso, sin intención, sesgos propios, por lo que el ESA tiene apreciaciones propias basadas en sus experiencias. Todo esto hace que la composición interdisciplinaria del ESA sea fundamental en el proceso de seguimiento y control ambiental. Adicionalmente es indispensable que el ESA no tenga algún interés particular en el resultado final. Por último, es de gran importancia la objetividad y criterio con las que debe contar el ESA y que sus juicios de valor sean completamente independientes a cualquier suceso particular del proyecto.

- **Identificar los vacíos en la información importante:** La autoridad ambiental competente exige a los proyectos, obras o actividades desarrollar metodologías que tengan su enfoque en una gestión ambiental efectiva, lo anterior teniendo en cuenta que los proyectos que han obtenido la licencia ambiental deben cumplir con restricciones estrictas establecidas por la autoridad ambiental. Teniendo en cuenta esta premisa, esto deja espacio para que no se incluyan procesos de mejoramiento continuo mediante la adopción de medidas de manejo aprobadas y que deben ser dinámicas con el fin de manejar adecuadamente los impactos imprevistos. El ESA debe tener las herramientas y criterios requeridos para identificar lo anterior, y así alcanzar los objetivos del seguimiento ambiental.

- **Distinguir entre lo significativo y lo secundario:** El ejercicio de priorizar es fundamental en el proceso de seguimiento y control pues para el ESA es fundamental llevar a cabo esta actividad con el fin de clasificar la gran cantidad de información que reciben por parte de los proponentes. Algunos antecedentes como el estudio ambiental y los Informes de Cumplimiento Ambiental, son herramientas esenciales para realizar el proceso de seguimiento, por lo general suministran y utilizan enormes cantidades de información que a veces difieren y pueden llevar los resultados del seguimiento hacia otro camino. El ESA juega un papel fundamental en el análisis de la información de estos antecedentes, identificando los aspectos significativos.

- **Asegurar la integridad de los procesos de licenciamiento de los proyectos:** Tanto el medio ambiente como los procesos de participación social deben ser considerados por el ESA y deben ser seriamente atendidos durante el proceso de seguimiento como lo establece la ley.

Lo anterior sugiere y pone en evidencia la necesidad de establecer una metodología cuantitativa tanto para la evaluación y valoración de impactos como para el seguimiento y control ambiental, ya que de esta manera se disminuye la incertidumbre inherente al proceso y se evita tanto la subjetividad del proponente como de las instituciones. Por otra parte, la identificación de vacíos en la información suministrada por los proponentes podría disminuir considerablemente si se establecieran metodologías claras para los EsIA y no simplemente lineamientos de forma en su mayoría documentales.

Los informes de cumplimiento ambiental están sujetos únicamente a lo reportado por los proponentes, las autoridades ambientales en muy pocas ocasiones verifican dicha información en campo, es por esto que es indispensable el uso de una herramienta institucional que permita medir de forma cuantitativa y calcular la efectividad de los PMA con el fin de verificar lo reportado en los ICA y la degradación del ambiente en donde se lleva a cabo el POA.

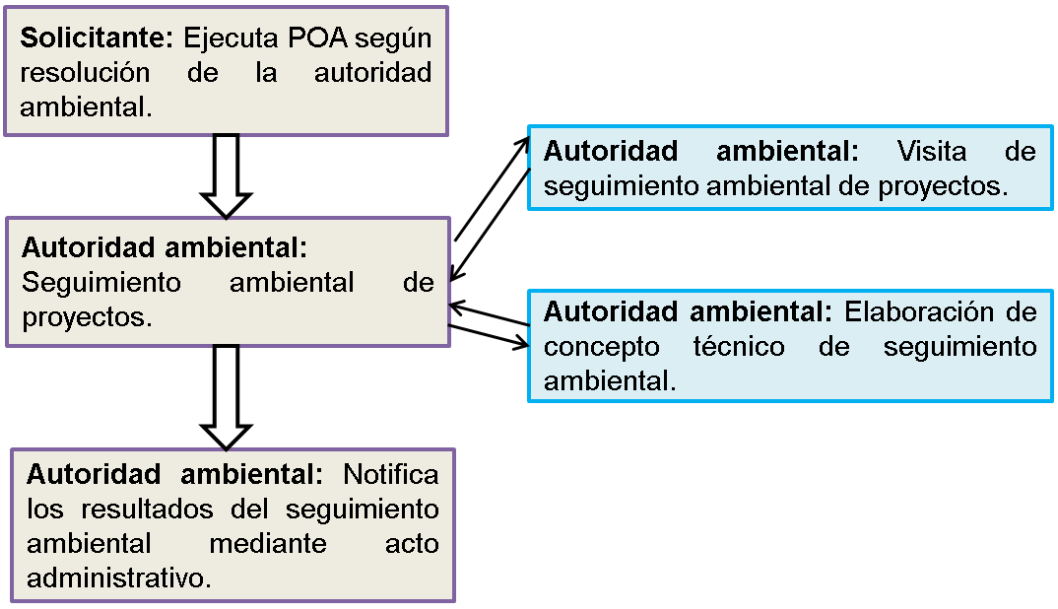
Finalmente, en cuanto a la integridad de los procesos de licenciamiento, el informe de la (Contraloría General de la República, 2017) asegura que este proceso realizado actualmente por la ANLA presenta graves deficiencias, pues la ANLA no hace seguimiento a las licencias ambientales que ha otorgado a grandes obras de infraestructura en Colombia, tales como la Ruta del Sol, la ampliación de la segunda pista del aeropuerto El Dorado y la PTAR Salitre, entre otras.

A pesar de que la ANLA ha evidenciado hasta 442 hallazgos repetitivos por incumplimiento en un solo año y de un solo proyecto, no se evidenciaron procesos sancionatorios iniciados por ANLA por los cuantiosos incumplimientos a la Licencia Ambiental, mucho menos multas por el daño ambiental generado por el consorcio. Pese a que la ANLA identifica incumplimientos a lo establecido en las licencias ambientales otorgadas, la entidad no realiza la gestión para sancionar dichas situaciones, “ya sea porque no sanciona o, si sanciona, la sanción resulta muy débil o la impone muy tarde en el tiempo, dando como resultado que el beneficiario de la licencia incumpla en forma

reiterada la Licencia, con el consecuente deterioro ambiental" (Contraloría General de la República, 2017).

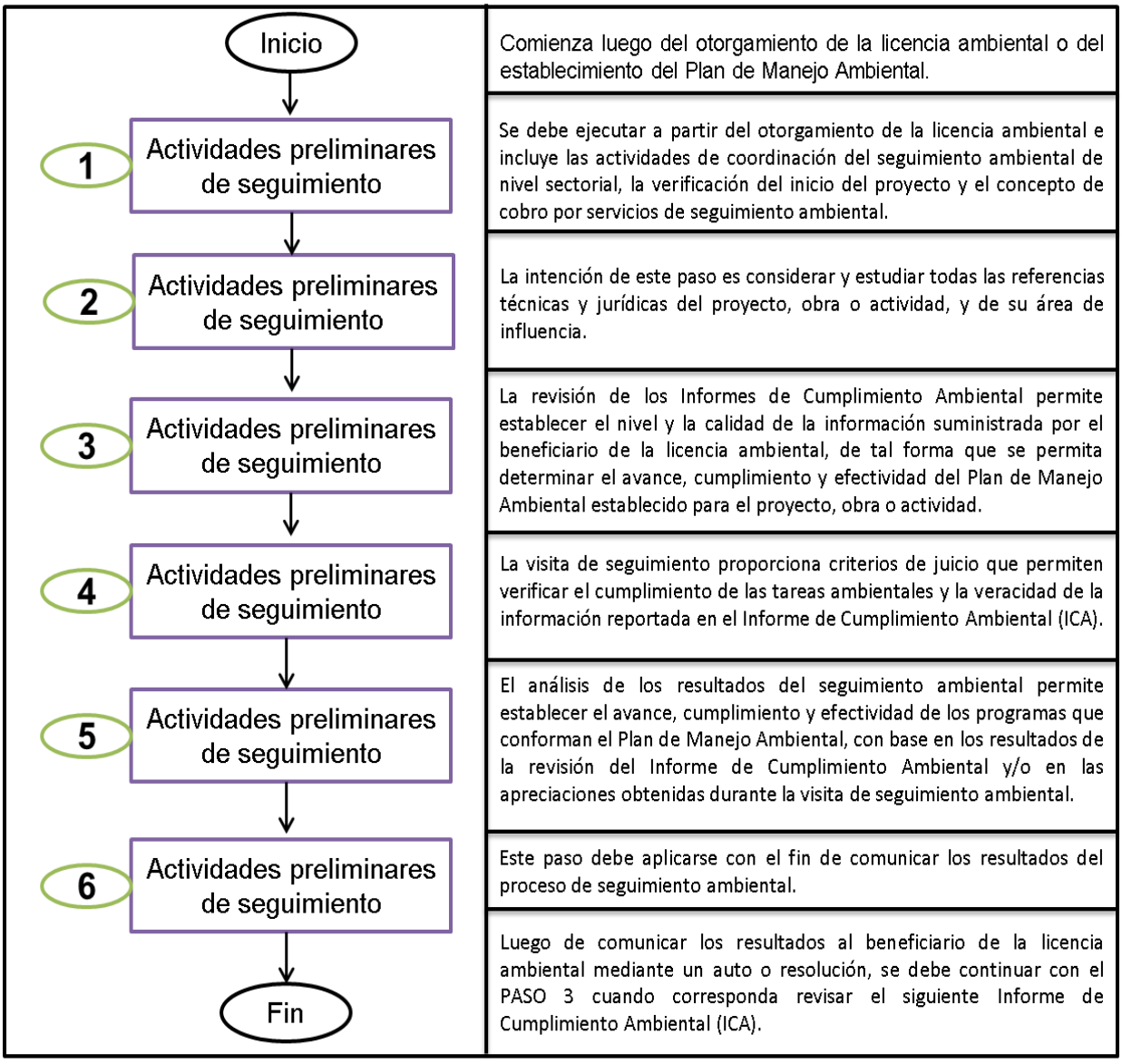
A continuación, se expone el alcance del manual y un instructivo general del mismo (Figura 2-9, Figura 2-10).

**Figura 2-9:** Alcance de los manuales de evaluación de estudios ambientales y de seguimiento ambiental de proyectos




Fuente: Elaboración propia a partir de (Ministerio de Ambiente, 2002).

**Figura 2-10:** Diagrama de flujo, seguimiento ambiental de proyectos




Fuente: Elaboración propia a partir de (Ministerio de Ambiente, 2002).

Es de resaltar que estas metodologías de seguimiento y control caen en el continuo error de realizar descripciones y apreciaciones de tipo cualitativo que también se usan para la evaluación de los PMA y las visitas de seguimiento, las cuales a su vez evalúan en campo el cumplimiento y por consiguiente la efectividad del PMA.

- **Informe de cumplimiento ambiental (ICA)**

En el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos (Ministerio de Ambiente, 2002), el Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA) está definido como:

"Documento elaborado y presentado por el beneficiario de la licencia ambiental para informar a la autoridad ambiental competente sobre el avance, efectividad y cumplimiento del plan de manejo ambiental, conforme a los términos definidos en el otorgamiento de la licencia ambiental, el establecimiento del plan de manejo ambiental y cualquier otro acto administrativo subsiguiente".

Es de gran importancia para el seguimiento y control ambiental de proyectos licenciados realizar la revisión del Informe de Cumplimiento Ambiental, ya que en ellos se detalla el cumplimiento de las tareas ambientales a las que se ha comprometido el beneficiario de la licencia ambiental. Por consiguiente, estos Informes de Cumplimiento Ambiental deben ser objeto de la emisión de un concepto técnico serio y de gran rigurosidad.

La periodicidad con la que el beneficiario de la licencia ambiental debe presentar este informe se puede establecer en: la resolución que otorga la licencia ambiental o establece el Plan de Manejo Ambiental, en el programa de supervisión ambiental del PMA, y en los anteriores Informes de Cumplimiento Ambiental en los que se haya presentado, justificado y aceptado alguna modificación a esta periodicidad. Las características de forma y contenido que deben cumplir estos informes se mencionan en la tabla 2-1, presentada a continuación:

**Tabla 2-2:** Contenido de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA)

| Capítulo | Alcance |
|---|---|
| Portada | A criterio del proponente |
| Carta de Remisión | A criterio del proponente |
| Introducción | Presentación del informe, nombres, cargos y nivel de escolaridad del personal encargado del cumplimiento ambiental |

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2002)

**Tabla 2-2:** Contenido de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) (Continuación)

| Capítulo | Alcance |
|---|---|
| Antecedentes | Antecedentes legales del proyecto, especialmente las normas posteriores a la fecha de otorgamiento de la licencia ambiental. En el primer ICA es fundamental incluir los informes de supervisión previamente entregados a la autoridad ambiental |
| Aspectos técnicos | ▪ Descripción y localización del proyecto<br>▪ Equipo utilizado, personal, avance y problemas presentados durante la ejecución de las obras<br>▪ Datos de producción o uso y problemas que se presenten, si el proyecto está en etapa de operación<br>▪ Organización, personal y equipos de las actividades relacionadas con asegurar el cumplimiento ambiental |
| Programación de actividades del equipo encargado del cumplimiento ambiental | ▪ Cronograma de la ejecución del proyecto<br>▪ Cronograma de implementación del PMA<br>▪ Cronograma de cumplimiento de la normatividad ambiental vigente<br>▪ Cronograma de seguimiento y monitoreo |
| Formatos de cumplimiento | ▪ Estructura del PMA<br>▪ Cumplimiento de los programas planteados en el PMA<br>▪ Cumplimiento en el otorgamiento de permisos y autorizaciones como por ejemplo, permiso de vertimientos, concesión de aguas, entre otros.<br>▪ Estado del manejo y disposición final de residuos<br>▪ Gráficas y análisis de los indicadores de cumplimiento y gestión<br>▪ Estado de cumplimiento de los requerimientos establecidos en los actos administrativos |
| Ambiental | ▪ Análisis de las tendencias de la calidad del medio en donde se desarrolla el proyecto<br>▪ Gráficas y análisis de los indicadores de calidad ambiental<br>▪ Análisis de efectividad de los programas del PMA |
| Observaciones y recomendaciones | A criterio del proponente |
| Anexo 1: Registro fotográfico | A criterio del proponente |
| Anexo 2: Localización gráfica de los puntos de monitoreo | Se debe presentar en un plano, mapa o figura en escala adecuada. Se deben señalar los sitios, parámetros y fechas de los sitios donde se realizan los monitoreos |
| Anexo 3: Reportes de laboratorio | Reportes y soportes de los análisis realizados por los laboatorios |

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2002)

Los Informes de Cumplimiento Ambiental a pesar de ser la herramienta mediante la cual la autoridad ambiental realiza el proceso de seguimiento y control de proyecto, obra, o actividad presentan algunas limitaciones que impiden su máxima eficacia, pues no todos los ICA son revisados por el equipo evaluador, adicionalmente los pocos que se revisan, no son revisados con la rigurosidad que se requiere y no todos cuentan con informe técnico, la autoridad ambiental no cuenta con los recursos para verificar en campo el cumplimiento e implementación de las medidas de prevención, mitigación corrección y compensación establecidas en el PMA, el PMA debe ser actualizado a medida que avanza el proyecto, obra o actividad según criterio del proponente o si la autoridad ambiental lo requiere, no existen metodologías cuantitativas adoptadas por la autoridad ambiental que le permitan medir la ejecución de los PMA o el estado del ambiente luego de la ejecución de un proyecto, la revisión de los ICA pierde calidad ya que a los profesionales asignados para la labor de seguimiento se les asigna un número considerable de expedientes, existen proyectos a los cuales nunca se les ha realizado ningún tipo de seguimiento, por consiguiente, es importante que la autoridad ambiental priorice el proceso de seguimiento y control de estos proyectos, no se realizan periódicamente visitas de seguimiento a los proyectos por parte de la autoridad ambiental, lo cual la obliga a confiar plenamente en la información suministrada por el proponente, un proceso de seguimiento y control riguroso, permite verificar la precisión en la predicción de los impactos realizada en el EsIA. Por lo anterior, es necesario crear una herramienta que permita a la autoridad ambiental establecer el grado de deterioro del ambiente de forma cuantitativa, a partir de la información suministrada por los proponentes no solo al momento de solicitar la licencia ambiental, sino posteriormente y de forma periódica durante el funcionamiento del proyecto, obra o actividad.

## 2.6 Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales

### 2.6.1 Identificación de impactos significativos potenciales

Cualquier proyecto, obra o actividad, luego de establecer y delimitar su área de influencia, debe identificar los impactos significativos potenciales ya sean positivos o

negativos, que tengan influencia directa, sinérgica o acumulativa, que se podrían presentar en el desarrollo de las actividades propuestas para cada una de las alternativas para la ejecución del proyecto; adicionalmente y de acuerdo con lo establecido en la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, se debe indicar cuáles de ellos no se pueden evitar, ni mitigar (MADS - ANLA, 2018). Por lo anterior, la metodología plantea presentar la información de la siguiente manera (Tabla 2-3):

**Tabla 2-3:** Identificación de impactos significativos potenciales

| Medio/ Componente | Impacto | Carácter: Positivo o negativo (+ o -) | Impacto existente en el área de estudio en el escenario sin proyecto (Indique con una X) | | | Impacto generado por el desarrollo de la alternativa *n* del proyecto (indique con una X) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A 1 | A 2 | A 3 | A 1 | A 2 | A 3 |
| | | | | | | | | |

Fuente: (MADS - ANLA, 2018).

Para la identificación de impactos significativos potenciales, se deben evaluar las diferentes fases y actividades necesarias para el desarrollo del proyecto y la interrelación de éstas con los componentes del ambiente. Adicionalmente se debe tener en cuenta cómo cambian los impactos a medida que el proyecto avanza al corto, mediano y largo plazo. Finalmente, el objetivo de todo lo anterior es que los impactos significativos potenciales se puedan evaluar nuevamente cuando el proyecto se encuentre en funcionamiento (Ministerio de Ambiente, 2002).

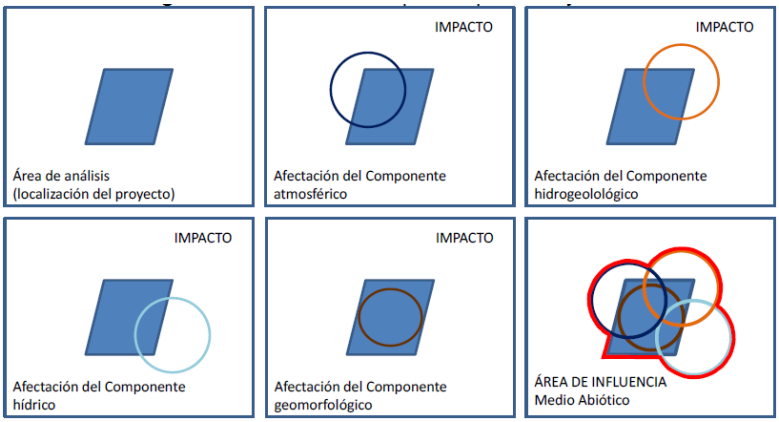
## 2.6.2 Identificación y delimitación del área de influencia

De acuerdo con lo establecido por (MADS - ANLA, 2018), el área de influencia de un proyecto, obra o actividad se define como: “la zona en la cual se manifiestan los impactos ambientales significativos, y su identificación y delimitación está estrechamente vinculada a la caracterización ambiental y a la evaluación ambiental, pues son procesos que dependen los unos de los otros y que deben realizarse de forma conjunta e iterativa hasta establecer una superficie que satisfaga la definición de área de influencia.” Para la delimitación del área de influencia es necesario tener en cuenta las características del

ambiente y los posibles impactos significativos negativos que allí podrían incidir luego de llevar a cabo la implementación del proyecto. (MADS - ANLA, 2018). De acuerdo con lo establecido por (MADS - ANLA, 2018), “los impactos ambientales significativos de interés para la definición del área de influencia, son aquellos impactos negativos directos, indirectos, sinérgicos y/o acumulativos, que por la afectación que producen al ambiente resultan de importancia para la sociedad, que los valora tomando en consideración múltiples perspectivas a fin de tomar una decisión respecto de la viabilidad ambiental de emprender el proyecto que los generaría.”

El MADS en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS - ANLA, 2018) ha establecido la posibilidad de delimitar un área de influencia para cada uno de los componentes o medios del ambiente. Es decir, si por ejemplo, se identifica que el área de influencia del componente atmosférico es diferente en forma, tamaño y ubicación al área de influencia del componente biótico, cada uno de ellos debe contar con sus medidas de manejo y seguimiento correspondientes a su respectiva área de influencia. Por tanto, el área de influencia del proyecto correspondería a la superposición de las áreas de influencia por componentes en las cuales se manifiestan los impactos ambientales significativos de las actividades que se desarrollan durante todas las fases del proyecto La Figura 2-12 ilustra de forma esquemática la manera en que se superponen las áreas de influencia de los componentes del medio abiótico para conformar el área de influencia de dicho medio.

**Figura 2-11:** Área de influencia por componentes y medio




Fuente: (MADS - ANLA, 2018)

El área de influencia debe ser dinámica y variable en el tiempo, lo anterior sustentado en la gran variedad de actividades que desarrolla un proyecto, el alcance y magnitud de estas y los impactos ambientales que generan. Al definir el área de influencia para los diferentes componentes, se debe tomar como punto de referencia los escenarios más críticos de manifestación de los impactos ambientales identificados. De acuerdo con lo anterior y lo reportado por (MADS - ANLA, 2018),

# 3. Diseño metodológico

El presente trabajo se desarrolló llevando a cabo las siguientes etapas:

1. **Revisión bibliográfica:** La revisión bibliográfica se realizó a partir de la consulta en bases de datos y fuentes especializadas acerca de la EIA, se tomaron en cuenta las investigaciones relacionadas con la construcción de índices e indicadores ambientales, el seguimiento y control en el proceso de EIA, seguimiento y control, la incertidumbre en estudios ambientales y demás aspectos pertinentes para el análisis de las metodologías enfocadas en el seguimiento y control de impactos ambientales.

2. **Selección de indicadores para la construcción del ISPA:** Con el propósito de construir un índice para la evaluación de PMA ISPA, se procedió a la selección de 3 términos dentro de los cuales están: medios, componentes principales del ambiente y área de influencia para posteriormente calcular un valor que midiera el ISPA y su clasificación en índice alto, medio y bajo.

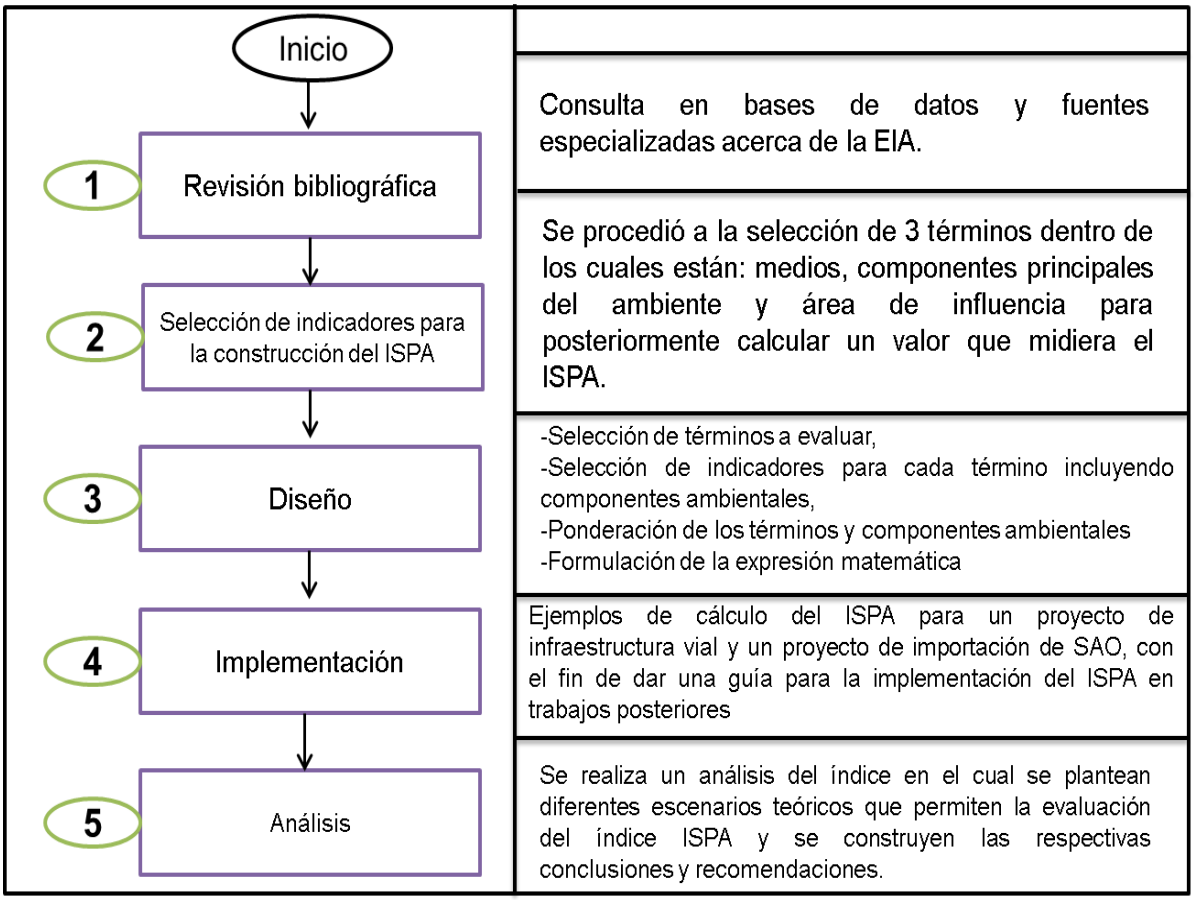
3. **Diseño:** esta etapa consta de las siguientes fases:
   a. Selección de términos a evaluar,
   b. Selección de indicadores para cada término incluyendo componentes ambientales,
   c. Ponderación de los términos y componentes ambientales
   d. Formulación de la expresión matemática

4. **Implementación:** una vez diseñado el índice ISPA, teniendo en cuenta los términos seleccionados y tomando como base lo establecido en Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS - ANLA, 2018) y en la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018, en donde se establece que a partir de esta fecha los proyectos deben presentar el PMA y EIA según estos nuevos lineamientos, en este trabajo final no se evalúan PMA y EIA

anteriores a esta fecha. Por lo anterior, se hace necesario realizar la evaluación en trabajos posteriores, para tal fin se presentan dos ejemplos de cálculo del ISPA como ejemplo para su implementación futura.

5. **Análisis:** Finalmente se realiza un análisis del índice en el cual se plantean diferentes escenarios teóricos que permiten la evaluación del índice ISPA y se construyen las respectivas conclusiones y recomendaciones.

**Figura 3-1:** Diagrama de flujo diseño metodológico




Fuente: Elaboración propia

# 4. Índice de seguimiento de planes de manejo ambiental (ISPA)

El Índice de Seguimiento de PMA, ISPA es un instrumento para fortalecer los Estudios de Impacto Ambiental, su objetivo principal es convertirse en una herramienta fundamental cuantitativa en los procesos de seguimiento y control realizados por la autoridad ambiental, pretende medir de forma general la efectividad de los PMA teniendo en cuenta la significancia de los impactos ambientales potenciales medidos en la EIA inicial, en el escenario sin proyecto y compararlos con la significancia de la EIA final, escenario con proyecto. A continuación, se describirá en detalle cada uno de los términos seleccionados para la construcción del índice y el cálculo de sus indicadores individuales.

## 4.1 Índice

Según (Canter, 1999), un índice es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información cuyo propósito principal es simplificar la información para que sea útil a los tomadores de decisiones.

Los índices ambientales proporcionan información determinante que describe el estado del ambiente y su posible variación a través del tiempo. En cuanto a los EsIA, los índices ambientales son de gran utilidad ya que logran: resumir los datos ambientales existentes, comunicar información acerca de la calidad del medio afectado, evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de alguna categoría ambiental, identificar los factores ambientales importantes, servir como base para los procesos de seguimiento y control al ser evaluados en los escenarios con y sin proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, los índices son una medida estadística por medio de la cual se puede comparar magnitudes simples o complejas en dos situaciones distintas que además pueden variar en el tiempo o el espacio, de las cuales se debe tomar una de ellas como referencia. La magnitud de referencia se denomina periodo base, mientras que la magnitud que se requiere comparar se denomina periodo actual, Para llevar a cabo dicha comparación, se debe tener en cuenta: a) fijar la información inicial, reconociendo que debe ser el más idóneo posible respecto a los objetivos que se quieren

alcanzar. B) Las magnitudes deben tener sistemas de comparación adecuados, es decir en iguales escalas de medida a pesar de que éstas pertenezcan a distintas instancias de tiempo (De la fuente Fernandez, 2013). En este orden de ideas, los índices son herramientas que permiten describir el estado del ambiente respecto a intervenciones externas y por tanto son de gran importancia en la toma de decisiones principalmente en el diseño de medidas que favorezcan el medio intervenido.

## 4.2 Indicador

La palabra indicador proviene del latín “indicare” la cual significa mostrar o significar algo con indicios y señales. Los indicadores son señales que indican alguna situación particular y generalmente están ligados a objetivos y metas a alcanzar. De acuerdo con la definición establecida por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2004), un indicador es:

“Una observación empírica que sintetiza aspectos de un fenómeno que resultan importantes para uno o más propósitos analíticos o prácticos. Si bien el término indicador puede aludir a cualquier característica observable de un fenómeno, suele aplicarse a aquellas que son susceptibles de expresión numérica”

Los indicadores, para el caso de EIA, frecuentemente se utilizan para describir el comportamiento del ambiente o los cambios existentes luego de la implementación de un proyecto. Los indicadores son medidas fundamentales para tener una idea aproximada de la magnitud del impacto ambiental (Munn, 1975).

Para efectos de este trabajo, se planteó un sistema de indicadores para cada componente ambiental con el fin de asignar un valor a las variables de análisis que constituyen el índice de evaluación de PMA (ISPA).

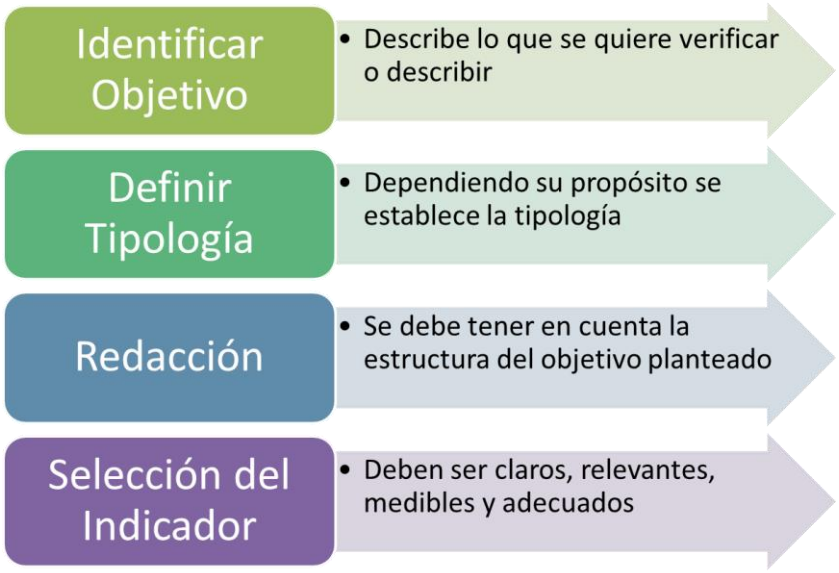
La Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo – (OECD, 1993) establece tres categorías para la definición de indicadores: presión, los indicadores miden las causas de las variaciones que presenta el ambiente; estado: con el fin de tener un diagnóstico esta categoría mide el comportamiento de las variables en el momento actual; respuesta, con el fin de corregir las fallas en el sistema analizado, relaciona las acciones tomadas.

Los indicadores pueden ser clasificados según su funcionalidad en tres tipos según (Quintero, 1997):

- **De logro:** Evalúan principalmente la eficacia. Son también denominados de impacto o externos.
- **De gestión:** Evalúan la eficiencia. Son también denominados como internos, de seguimiento o control.
- **De resultado:** Resuelven problemáticas. Están relacionados con logros a corto plazo generalmente.

Los indicadores propuestos son en su mayoría cuantitativos, pretenden representar la eficiencia de los PMA, teniendo como base fundamental la evaluación de impacto ambiental en los escenarios con y sin proyecto. Lo anterior puede dar un indicio del estado del ambiente, pues tiene en cuenta si las medidas presentadas para prevenir y mitigar los impactos ambientales han sido efectivas. A continuación, se describe la metodología que se usó para la selección de indicadores:

**Figura 4-1:** Estudios ambientales en el proceso de licenciamiento ambiental




Fuente: Elaboración propia a partir de (Caro, 2016)

## 4.3 Términos seleccionados para la construcción del índice ISPA

### 4.3.1 Análisis de Planes de Manejo Ambiental (APMA)

La inclusión de este término surge de la necesidad de evaluar y comparar el cumplimiento de los PMA en los escenarios con y sin proyecto. De acuerdo con lo establecido en (Ministerio de Ambiente, 2002) el Equipo de Seguimiento Ambiental ESA hace un análisis de los PMA en cuanto a su implementación, cumplimiento de metas propuestas, trámite de permisos y cumplimiento de indicadores principalmente, este análisis permite organizar las variables para evaluar la gestión ambiental del proyecto, obra o actividad.

Para establecer el valor de este término (APMA) se establecieron valores de ponderación para las variables evaluadas por el Equipo de seguimiento de la siguiente manera: para las variables implementación (Im), cumplimiento de metas (Cm) e indicadores por componente se les asigna un valor de 0,3 ya que representan valores que implican la prevención y mitigación de impactos ambientales potenciales que pueden generar daños irreversibles en el ambiente, mientras que la variable permisos (Pr) hace referencia a la renovación de los permisos ya existentes al momento de tramitar la licencia ambiental o al trámite de nuevos permisos de actividades que vayan requiriendo su implementación durante el desarrollo del proyecto, por lo anterior para esta variable se le asigna un valor de 0,1 (Ecuación 4-1). A continuación, se muestra el cálculo de cada una de las variables a partir de indicadores:

$$\boldsymbol{APMA} = (\mathbf{0,3})\boldsymbol{Im} + (\mathbf{0,3})\boldsymbol{Cm} + (\mathbf{0,1})\boldsymbol{Pr} + (\mathbf{0,3})\boldsymbol{Ic} \quad (4\text{-}1)$$

Dónde:

*APMA*= Análisis planes de manejo ambiental

*Im*= Implementación

*Cm*= Cumplimiento de metas

*Pr*= Permisos

*Ic*= Indicadores por componente

- **Implementación (Im)**

La implementación es calculada por el Equipo de Seguimiento Ambiental teniendo en cuenta el número de actividades realizadas versus el número de actividades propuestas al momento de presentar el PMA. Por lo anterior, este valor se calcula de la siguiente manera (Ecuación 4-2):

$$\mathbf{Im} = \frac{\mathbf{Actividades\ implementadas}}{\mathbf{Actividades\ propuestas}} \quad (4\text{-}2)$$

- **Cumplimiento de metas (Cm)**

El cumplimiento de metas, de la misma forma que la implementación, es calculado por el Equipo de Seguimiento Ambiental teniendo en cuenta el número de metas alcanzadas versus el número de metas propuestas al momento de presentar el PMA. Por lo anterior, este valor se calcula de la siguiente manera (Ecuación 4-3):

$$\mathbf{Cm} = \frac{\mathbf{Metas\ alcanzadas}}{\mathbf{Metas\ propuestas}} \quad (4\text{-}3)$$

- **Permisos (Pr)**

El cumplimiento de permisos es esencial para garantizar la calidad del ambiente en el cual se desarrolla un proyecto, obra o actividad, éste es calculado teniendo en cuenta el número de permisos obtenidos o renovados versus el número de permisos requeridos según la normatividad ambiental vigente. Por lo anterior, este valor se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{Pr} = \frac{\mathbf{Permisos\ obtenidos}}{\mathbf{Permisos\ requeridos}} \quad (4\text{-}4)$$

- **Indicadores por componente (Ic)**

El cumplimiento de indicadores por componente permite evaluar las estrategias y programas contenidos en el PMA, de tal manera que se pueda establecer un valor que permita conocer la afectación al ambiente desde la perspectiva de los componentes: agua, aire, suelo, vegetación, paisaje, fauna y social. Su valor está determinado por el %

de cumplimiento de cada uno de ellos, su formulación está sujeta al criterio de cada proponente.

Es importante resaltar que para la mayoría de los proyectos (infraestructura vial, ferrovías, líneas eléctricas, tuberías, tratamiento de residuos peligrosos, entre otros) el componente salud no se involucra en la EIA, en general la información de salud explicita está ausente, adicionalmente tanto los contaminantes como las poblaciones afectadas usualmente se encuentran mal caracterizados (Nunzia, et al., 2014). Por lo anterior, se estableció un valor de ponderación teniendo en cuenta su afectación directa a la salud humana, es decir, los componentes agua, aire y suelo tendrán un mayor valor de ponderación ya que son recursos vitales para la vida del ser humano y por consiguiente su contaminación puede generar efectos negativos importantes (Gil, et al., 2012), (Silva Arroyave & Correa Restrepo, 2009), (Oyarzún G, 2010). Por su parte, los componentes vegetación y fauna tendrán un valor de ponderación menor debido a que no afectan de manera directa la salud humana y finalmente los componentes paisaje y social tendrán el menor valor de ponderación debido a que afectan el entorno de los seres humanos y su desarrollo social.

**Tabla 4-1:** Ponderación de componentes para el cálculo del cumplimiento de indicadores

| Componente | Ponderación |
|---|---|
| Agua (A) | 0,2 |
| Aire (Ar) | 0,2 |
| Suelo (S) | 0,2 |
| Vegetación (V) | 0,15 |
| Fauna (F) | 0,15 |
| Paisaje (Pa) | 0,05 |
| Social (Sc) | 0,05 |

Fuente: Elaboración propia

En la Ecuación 4-5 se establece como calcular el cumplimiento de indicadores por componente.

$$Ic = \frac{(0,2)A+(0,2)Ar+(0,2)S+(0,15)V+(0,15)F+(0,05)Pa+(0,05)Sc}{7} \quad (4\text{-}5)$$

### 4.3.2 Área de influencia (AI)

De acuerdo con lo reportado por (MADS - ANLA, 2018) el área de influencia debe establecerse por componentes del ambiente. Para cada componente se debe construir un polígono en el cual se incluya en área de influencia del proyecto, posterior a esto, el proponente debe interrelacionar todos los polígonos para crear un área de influencia general del proyecto. Adicionalmente, el área de influencia debe tener un carácter dinámico, es decir, que dependiendo de los impactos que se vayan presentando y el rango de influencia de los mismos, ésta puede variar a medida que se van ejecutando las actividades, de esta forma, el área de influencia identificada en el escenario sin proyecto puede variar con respecto al área de influencia identificada en el escenario sin proyecto.

Por otra parte, un área de influencia estática hace referencia a la no actualización de la delimitación de esta a través del tiempo o a medida que se va identificando el rango de influencia de los impactos sobre el ambiente.

Con base en lo anterior, este término pretende establecer un valor de significancia de la siguiente manera (Tabla 4-2):

**Tabla 4-2:** Valor de significancia término Área de influencia

| Término | Observación | Valor de significancia |
|---|---|---|
| Área de influencia | Dinámica | 1 |
| | Estática | 0 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 4-2, luego de evaluar la EIA y el PMA en los escenarios con y sin proyecto, se asigna un valor de 1, si el área de influencia es dinámica, es decir que va cambiando conforme se van implementando las alternativas del proyecto y se asigna un valor de 0, si por el contrario permanece estática.

### 4.3.3 Significancia de impactos ambientales (SIA)

La significancia de impactos ambientales establece la importancia de realizar de manera responsable la EIA para cualquier proyecto, obra o actividad, hace referencia a la relevancia de un impacto ambiental de acuerdo con su valoración y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente (Secretaría Distital de Ambiente, 2013). Por otra parte, en la EIA la significancia está determinada por el grado de afectación que un proyecto ejerce o no en el medio ambiente y está directamente relacionada con la identificación de impactos ambientales significativos (Bevan, 2009). Los impactos significativos, son aquellos que causan alteración al ambiente, la cual es medible no solo por la autoridad ambiental, sino por todas las partes interesadas del proyecto (Hudson, 2013). La valoración cuantitativa de los impactos ambientales en los escenarios con y sin proyecto es de gran importancia en el cálculo de este término en el índice ISPA. Para establecer el valor de este término (SIA) se establecieron valores de ponderación iguales para el medio biótico, abiótico/físico y socioeconómico, de la siguiente manera (Ecuación 4-6):

$$\boldsymbol{SIA} = (\mathbf{0,33})\boldsymbol{MB} + (\mathbf{0,33})\boldsymbol{MA} + (\mathbf{0,33})\boldsymbol{SE} \qquad (4\text{-}6)$$

Dónde:

*SIA*= Significancia de impactos ambientales

*MB*= Medio biótico

*MA*= Medio abiótico/físico

*SE*= Medio Socioeconómico

A continuación, se muestra el cálculo de cada uno de los valores de los medios biótico, abiótico y socioeconómico a partir de indicadores para cada uno de sus componentes.

- **Medio Biótico (MB)**

En la EIA el proponente debe contemplar la evaluación de los impactos ambientales significativos potenciales para el medio biótico estableciendo un valor de significancia para cada uno de sus componentes, este ejercicio debe realizarse usando una metodología de evaluación de impactos ambientales preferiblemente cuantitativa, tanto en el escenario con proyecto como en el escenario sin proyecto, como actualmente la autoridad ambiental no ha establecido una metodología oficial para la EIA, esta fórmula aplica para los valores de significancia calculados a través de cualquier metodología. Por

lo anterior, a continuación, se presenta el cálculo de indicadores para cada uno de los componentes, teniendo en cuenta su valor de significancia inicial y final (Tabla 4-3):

**Tabla 4-3:** Ecuaciones para el cálculo de indicadores de los componentes ambientales del medio biótico

| Componente Medio Biótico | Cálculo de indicador |
|---|---|
| Ecosistemas | $1 - \left\lvert \frac{Sef - Sei}{Sef} \right\rvert = Ec$ |
| Ecosistemas Acuáticos | $1 - \left\lvert \frac{Seaf - Seai}{Seaf} \right\rvert = Ea$ |
| Áreas de especial interés ambiental | $1 - \left\lvert \frac{Siaf - Siai}{Siaf} \right\rvert = Ia$ |

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

- *Ec*= Componente ecosistemas
- *Sef*= Significancia final componente ecosistemas
- *Sei*= Significancia inicial componente ecosistemas
- *Ea*= Componente ecosistemas acuáticos
- *Seaf*= Significancia final componente ecosistemas acuáticos
- *Seai*= Significancia inicial componente ecosistemas acuáticos
- *Ia*= Componente áreas de especial interés ambiental
- *Siaf*= Significancia final componente áreas de especial interés ambiental
- *Siai*= Significancia inicial componente áreas de especial interés ambiental

Luego de calcular el indicador para cada uno de los componentes del medio biótico, se debe calcular el promedio aritmético del resultado de los indicadores de los 3 componentes para tener un valor único del mismo (Ecuación 4-7).

$$\mathbf{MB} = \frac{\mathbf{Ec+Ea+Ia}}{\mathbf{3}} \qquad (4\text{-}7)$$

Dónde:

*MB*= Medio biótico

*Ec*= Componente ecosistemas

*Ea*= Componente ecosistemas acuáticos

*Ia*= Componente áreas de especial interés ambiental

- **Medio Abiótico/Físico (MA)**

De la misma manera que en el medio biótico, el proponente debe contemplar en la EIA, la evaluación de los impactos ambientales significativos potenciales para el medio abiótico estableciendo un valor de significancia para cada uno de sus componentes, este ejercicio debe realizarse, usando una metodología de evaluación de impactos ambientales preferiblemente cuantitativa, tanto en el escenario con proyecto como en el escenario sin proyecto, como actualmente la autoridad ambiental no ha establecido una metodología oficial para la EIA, esta fórmula aplica para los valores de significancia calculados a través de cualquier metodología, tanto en el escenario con proyecto como en el escenario sin proyecto, por lo anterior, a continuación se presenta el cálculo de indicadores para cada uno de los componentes, teniendo en cuenta su valor de significancia inicial y final (Tabla 4-4):

**Tabla 4-4:** Ecuaciones para el cálculo de indicadores de los componentes ambientales del medio físico

| Componente Medio Abiótico/Físico | Cálculo de indicador |
|---|---|
| Geológico | $1-\left\|\frac{Sgf-Sgi}{Sgf}\right\|=G$ |
| Geomorfológico | $1-\left\|\frac{Sgmf-Sgmi}{Sgmf}\right\|=Gm$ |
| Suelos y uso de la tierra | $1-\left\|\frac{Sstf-Ssti}{Sstf}\right\|=St$ |
| Hidrológico | $1-\left\|\frac{Shf-Shi}{Shf}\right\|=H$ |
| Hidrogeológico | $1-\left\|\frac{Shgf-Shgi}{Shgf}\right\|=Hg$ |
| Paisaje | $1-\left\|\frac{Spf-Spi}{Spf}\right\|=P$ |
| Atmosférico | $1-\left\|\frac{Saf-Sai}{Saf}\right\|=A$ |

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

- *G*= Componente geológico
- *Sgf*= Significancia final componente geológico

- *Sgi*= Significancia inicial componente geológico
- *Gm*= Componente geomorfológico
- *Sgmf*= Significancia final componente geomorfológico
- *Sgmi*= Significancia inicial componente geomorfológico
- *St*= Componente suelos y uso de tierra
- *Sstf*= Significancia final componente suelos y uso de tierra
- *Ssti*= Significancia inicial componente suelos y uso de tierra
- *H*= Componente hidrológico
- *Shf*= Significancia final componente hidrológico
- *Shi*= Significancia inicial componente hidrológico
- *Hg*= Componente hidrogeológico
- *Shgf*= Significancia final componente hidrogeológico
- *Shgi*= Significancia inicial componente hidrogeológico
- *P*= Componente Paisaje
- *Spf*= Significancia final componente paisaje
- *Spi*= Significancia inicial componente paisaje
- *A*= Componente atmosférico
- *Saf*= Significancia final componente atmosférico
- *Sai*= Significancia inicial componente atmosférico

Luego de calcular el indicador para cada uno de los componentes del ambiente, se debe calcular el promedio aritmético del resultado de los indicadores de los 7 componentes del medio biótico para tener un valor único del mismo (Ecuación 4-8).

$$\mathbf{MA} = \frac{\mathbf{G+Gm+St+H+Hg+P+A}}{\mathbf{7}} \quad (4\text{-}7)$$

Dónde:

*MA*= Medio Abiótico/Físico

*G*= Componente geológico

*Gm*= Componente geomorfológico

*St*= Componente suelos y uso de la tierra

*H*= Componente hidrológico

*Hg*= Componente hidrogeológico

*P*= Componente paisaje

*A*= Componente atmosférico

- **Medio Socioeconómico (SE)**

Para el caso del medio socioeconómico, el proponente debe contemplar en la EIA, la evaluación de los impactos socioeconómicos significativos potenciales, estableciendo un valor de significancia para cada uno de sus componentes, este ejercicio debe realizarse, usando una metodología de evaluación de impactos ambientales preferiblemente cuantitativa, tanto en el escenario con proyecto como en el escenario sin proyecto, como actualmente la autoridad ambiental no ha establecido una metodología oficial para la EIA, esta fórmula aplica para los valores de significancia calculados a través de cualquier metodología, tanto en el escenario con proyecto como en el escenario sin proyecto, por lo anterior, a continuación se presenta el cálculo de indicadores para cada uno de los componentes socioeconómicos, teniendo en cuenta su valor de significancia inicial y final (Tabla 4-5).

**Tabla 4-5:** Ecuaciones para el cálculo de indicadores de los componentes ambientales del medio socioeconómico

| Componente Medio Socioeconómico | Cálculo de indicador |
|---|---|
| Demográfico | $1 - \left\|\frac{Sdf - Sdi}{Sdf}\right\| = D$ |
| Espacial | $1 - \left\|\frac{Sesf - Sesi}{Sesf}\right\| = Es$ |
| Económico | $1 - \left\|\frac{Sef - Sei}{Sef}\right\| = E$ |
| Cultural | $1 - \left\|\frac{Scf - Sci}{Scf}\right\| = C$ |
| Arqueológico | $1 - \left\|\frac{Saqf - Saqi}{Saqf}\right\| = Aq$ |
| Político Organizativo | $1 - \left\|\frac{Spof - Spoi}{Spof}\right\| = Po$ |
| Tendencias de Desarrollo | $1 - \left\|\frac{Stdf - Stdi}{Stdf}\right\| = Td$ |

| Componente Medio Socioeconómico | Cálculo de indicador |
|---|---|
| Población por desplazar | $1 - \left\lvert \frac{Spdf - Spdi}{Spdf} \right\rvert = Pd$ |

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

- *D*= Componente demográfico
- *Sdf*= Significancia final componente demográfico
- *Sdi*= Significancia inicial componente demográfico
- *Es*= Componente espacial
- *Sesf*= Significancia final componente espacial
- *Sesi*= Significancia inicial componente espacial
- *E*= Componente económico
- *Sef*= Significancia final componente económico
- *Sei*= Significancia inicial componente económico
- *C*= Componente cultural
- *Scf*= Significancia final componente cultural
- *Sci*= Significancia inicial componente cultural
- *Aq*= Componente arqueológico
- *Saqf*= Significancia final componente arqueológico
- *Saqi*= Significancia inicial componente arqueológico
- *Po*= Componente político organizativo
- *Spof*= Significancia final componente político organizativo
- *Spoi*= Significancia inicial componente político organizativo
- *Td*= Componente tendencias de desarrollo
- *Stdf*= Significancia final componente tendencias de desarrollo
- *Stdi*= Significancia inicial componente tendencias de desarrollo
- *Pd*= Componente población a desplazar
- *Spdf*= Significancia final componente población a desplazar
- *Spdi*= Significancia inicial componente población a desplazar

Luego de calcular el indicador para cada uno de los componentes del ambiente, se debe calcular el promedio aritmético del resultado de los indicadores de los 8 componentes del medio socioeconómico para tener un valor único del mismo (Ecuación 4-9).

$$\mathbf{SE} = \frac{\mathbf{D+Es+E+C+Aq+Po+Td+Pd}}{\mathbf{8}} \qquad (4\text{-}9)$$

Dónde:

*SE*= Socioeconómico

*D*= Componente demográfico

*Es*= Componente espacial

*E*= Componente económico

*C*= Componente cultural

*Aq*= Componente arqueológico

*Po*= Componente político organizativo

*Td*= Componente tendencias de desarrollo

*Pd*= Componente población a desplazar

# 5. Diseño del Índice de Seguimiento a Planes de Manejo Ambiental (ISPA)

El índice de seguimiento de PMA (ISPA) es una herramienta para los procesos de seguimiento y control de proyectos que realizan las autoridades ambientales y en los cuales no se establece de forma cuantitativa el cumplimiento de los PMA. El índice cuenta con tres términos principales que incluyen: análisis de los PMA, dinamismo del área de influencia y significancia de impactos ambientales, este último derivado de la EIA y todos evaluados en los escenarios con y sin proyecto.

## 5.1 Formulación de la expresión matemática

Para la formulación de la expresión matemática, se establecieron valores de ponderación para cada uno de los términos, dando mayor importancia al análisis de PMA y a la significancia de impactos ambientales debido a la complejidad para el cálculo de los mismos y la influencia directa positiva o negativa que pueden tener en el medio donde se desarrolla el proyecto, adicionalmente vale la pena resaltar que tanto los términos para el cálculo del APMA y SIA tienen consecuencias directas sobre la salud humana por lo que se les asigna un valor de ponderación de 0,4 a cada uno. Por su parte al área de influencia se le asigna un valor menor debido a la simplicidad de su valoración, pues únicamente requiere determinar si presenta o no cambios a medida que el proyecto se implementa (Ecuación 5-1).

$$\mathbf{ISPA} = (\boldsymbol{\alpha}\mathbf{APMA} + \boldsymbol{\beta}\mathbf{AI} + \boldsymbol{\gamma}\mathbf{SIA}) * \mathbf{100} \quad (5\text{-}1)$$

Dónde:

ISPA= Índice de seguimiento de planes de manejo ambiental

APMA= Análisis de planes de manejo ambiental

AI= Área de influencia

SIA= Significancia de impactos ambientales

$\alpha = 0{,}4$

$\beta = 0{,}2$

$\gamma = 0{,}4$

## 5.2 Valores de referencia y escala de calificación

El índice ISPA permite evaluar la efectividad de los PMA y a su vez es una herramienta que permite a la autoridad ambiental tomar decisiones acerca de la cancelación o renovación de la licencia ambiental de un proyecto, obra o actividad. Por lo anterior, se establece una escala de calificación a partir de los siguientes valores de referencia (Tabla 5-1):

**Tabla 5-1:** Valores de referencia y escala de calificación ISPA

| Calificación | Valores de Referencia | Explicación |
|---|---|---|
| Alto | 80% - 100% | Las medidas diseñadas por el proponente del proyecto para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar la degradación irreversible del ambiente, están siendo implementadas de forma tal que únicamente requieren ser monitoreadas periódicamente para garantizar su funcionamiento. |
| Medio | 41% - 79% | Las medidas diseñadas por el proponente del proyecto para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar la degradación irreversible del ambiente no están siendo implementadas de forma correcta. Las medidas deben ser reformadas y ajustadas de acuerdo con las características del ambiente y deben implementarse en su totalidad |
| Bajo | Menor o igual a 40% | Las medidas diseñadas por el proponente del proyecto para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar la degradación irreversible del ambiente no está siendo implementadas, se han planteado en el documento y no se han llevado a la práctica, adicionalmente no están construidas teniendo como base las características del ambiente. Deben ser replanteadas y su implementación debe garantizar la protección del ambiente |

Fuente: Elaboración propia

El Índice de seguimiento de PMA ISPA puede ser usado como una herramienta cuantitativa complementaria al proceso de seguimiento y control de proyectos. Debido a que esta herramienta se fundamenta en el Manual para la elaboración de estudios ambientales (MADS - ANLA, 2018), en el presente trabajo su aplicación es teórica y debe evaluarse su viabilidad en trabajos posteriores ya que de acuerdo con lo establecido en la (Resolución 1402, 2018) todos los estudios ambientales a partir del mes de julio de 2018 deben ser presentados bajo este nuevo esquema.

## 5.3 Ejercicio teórico para el cálculo del ISPA

Teniendo en cuenta que el Índice ISPA es una herramienta para fortalecer los EsIA, específicamente en los procesos de seguimiento y control de proyectos, a continuación, se presentan ejemplos de cálculo con el fin de brindar una guía para su uso. Es de gran importancia resaltar que debido a que la construcción del índice basa su formulación en la nuevo Manual para la elaboración de estudios ambientales (MADS - ANLA, 2018), la autoridad ambiental podría hacer uso del índice ISPA en sus procesos de seguimiento y control para todos los proyectos obras o actividades que a partir de la entrada en vigencia de la (Resolución 1402, 2018) soliciten la licencia ambiental.

Como primera medida se realiza el análisis del Plan de Manejo Ambiental, por lo anterior se revisa minuciosamente el concepto técnico emitido por la autoridad ambiental en cuanto a este requisito, posteriormente se evalúa si el área de influencia es o no dinámica y finalmente se calcula la significancia de los impactos ambientales; es importante mencionar que existen PMA y conceptos técnicos más completos y otros más sencillos, por consiguiente, los datos que no se encuentran implícitos en el informe son asumidos para efectos de este ejercicio.

### 5.3.1 Caso 1: Importación de SAO

(Resolución 1264, 2018) **: "**Por la cual se otorga Licencia Ambiental para la importación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, Freon 95, Freon™ 123, Freon™ 507, Freon™ Mo29, Freon™ Mo49plus, Freon™ Mo59, Freon™ Mo79, Opteon™ Xp10, Opteon™ Xp40, Opteon™ Xp44 Y Vertrel™ Xf, y se toman otras determinaciones**".**

- **Análisis de Plan de Manejo Ambiental**

**Tabla 5-2:** Programas de gestión y actividades relacionadas Importación de SAO

| Programa | Actividades |
|---|---|
| Gestión Social | Taller 1: Buenas prácticas en almacenamiento y transporte de sustancias refrigerantes (incorporado al estándar de seguridad en almacenamiento) |
| | Taller 2: Medidas de seguridad industrial y salud ocupacional |
| | Taller 3: Simulacro: Fuga accidental de gases refrigerantes |
| Seguimiento y acompañamiento de productos | Garantizar la calidad y especificaciones técnicas del producto almacenado y transportado por Almacén Refrielectric S.A.S |
| | Asesorar a clientes e interesados sobre el uso, propiedades, manejo y seguridad de los productos ofrecidos por la empresa. |
| | Evaluar periódicamente el manejo ambiental de las sustancias importadas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, las medidas de seguridad pertinentes y el riesgo de los impactos ambientales negativos más significativos. |
| Reducción de desechos | Difundir y evaluar la información contenida en el taller de buenas prácticas en el almacenamiento y transporte de gases refrigerantes |
| | Promover la práctica de las recomendaciones básicas para el almacenamiento y transporte de refrigerantes coordinando con entidades que forman parte de la red de acopio y regeneración de refrigerantes en la zona. Charlas a todas las partes interesadas acerca del reciclaje de refrigerantes. |
| | Promover entre sus clientes la participación en el proceso de certificación de técnicos en refrigeración establecido por el SENA y la UTO. Lo anterior con el fin de minimizar la generación de residuos que contengan gases refrigerantes. |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 1264, 2018)

**Tabla 5-3:** Actividades propuestas y Actividades implementadas Importación de SAO

| **Programa** | **No actividades propuestas** | **No actividades implementadas** | $\boldsymbol{Im = \frac{Act\ implementadas}{Act\ propuestas}}$ |
|---|---|---|---|
| Gestión social | 3 | 2 | $\boldsymbol{Im = \frac{2}{3} = 0,66}$ |
| Seguimiento y acompañamiento de productos | 3 | 3 | $\boldsymbol{Im = \frac{3}{3} = 1}$ |
| Reducción de desechos | 3 | 1 | $\boldsymbol{Im = \frac{1}{3} = 0,33}$ |
| $\boldsymbol{Im = \frac{0,66 + 1 + 0,33}{3} = 0,66}$ | | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 1264, 2018)

En la Tabla 5-2 se observa que existen 3 programas de gestión los cuales se componen de 3 actividades cada uno, por otra parte, los valores de la columna actividades implementadas de la Tabla 5-3 son asumidos por el autor para efectos del cálculo del *Im*

*Para el cumplimiento de metas el proponente menciona 3 metas las cuales se presentan a continuación:*

- **Meta 1:** Capacitar al 100% del personal por medio del taller de buenas prácticas en el almacenamiento y transporte de gases refrigerantes.
- **Meta 2:** Implementar el 100% de las recomendaciones básicas para el almacenamiento y transporte de refrigerantes coordinando con entidades que forman parte de la red de acopio y regeneración de gases refrigerantes. Capacitar a las partes interesadas en reciclaje de gases refrigerantes.
- **Meta 3:** Incluir al 100% de los clientes en la participación de la certificación de técnicos en refrigeración, establecido por el SENA y la UTO.

**Tabla 5-4:** Cumplimiento de metas Importación de SAO

| **Metas** | **% Cumplimiento** | $\boldsymbol{\frac{Metas\ alcanzadas}{Metas\ propuestas} = Cm}$ |
|---|---|---|
| 1 | 80 | $\boldsymbol{Cm = \frac{0,8 + 0,5 + 1}{3} = 0,76}$ |
| 2 | 50 | |
| 3 | 100 | |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 1264, 2018) (Información asumida por el autor)

**Tabla 5-5:** Permisos requeridos para el desarrollo del proyecto

| **Permiso** | **Entidad** | $\boldsymbol{Pr = \frac{Permisos\ Obtenidos}{Permisos\ Requeridos}}$ |
|---|---|---|
| Permiso de importación | Ministerio de Industria y Comercio | $Pr = \frac{3}{3} = 1$ |
| Validación de información de importación de SAO | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | |
| Licencia ambiental para importación de SAO | Autoridad Nacional de Licencias Ambientales | |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 1264, 2018)

**Tabla 5-6:** Cálculo de cumplimiento de indicadores *Ic*

| **Componente** | **Ponderación** | **Cumplimiento** | $\boldsymbol{Ic = \frac{0,2A + 0,2Ar + 0,2S + 0,15V + 0,15F + 0,05Pa + 0,05Sc}{7}}$ |
|---|---|---|---|
| Agua (A) | 0,2 | 0,9 | $Ic = \frac{0,2A + 0,2Ar + 0,2S + 0,15V + 0,15F + 0,05Pa + 0,05Sc}{7}$ <br> $Ic = 0,76$ |
| Aire (Ar) | 0,2 | 0,5 | |
| Suelo (S) | 0,2 | 0,8 | |
| Vegetación (V) | 0,15 | 0,9 | |
| Fauna (F) | 0,15 | 0,9 | |
| Paisaje (P) | 0,05 | 0,8 | |
| Social (Sc) | 0,05 | 0,8 | |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 1264, 2018) (información asumida por el autor)

$$\mathbf{APMA} = (\mathbf{0,3}) * \mathbf{0,66} + (\mathbf{0,3}) * \mathbf{0,79} + (\mathbf{0,1}) * \mathbf{1} + (\mathbf{0,3}) * \mathbf{0,76}$$

$$\boldsymbol{APMA} = \mathbf{0,76}$$

El término de Análisis de Plan de Manejo ambiental da un valor de 0,76, éste será necesario posteriormente para el cálculo del índice ISPA.

- **Área de Influencia**

Al revisar la información consignada en la Licencia Ambiental y el concepto técnico emitido por la ANLA, no se encontró información relevante acerca del área de influencia del proyecto, en parte debido a que el proyecto consiste en la importación de SAO y la delimitación del área de influencia adquiere un grado importante de dificultad. Sin embargo, es un parámetro de gran importancia en los procesos de seguimiento y control, por todo lo anterior se le asigna un valor de "0" a éste ítem debido a que no se evidencia que el área de influencia establecida sea dinámica.

- **Significancia de Impactos Ambientales**

**Tabla 5-7:** Cálculo indicadores medio biótico

| Componente medio biótico | Fórmula | Cálculo de indicador |
|---|---|---|
| Ecosistemas | $1 - \left\lvert \frac{Sef - Sei}{Sef} \right\rvert = Ec$ | $Ec = 1 - \left\lvert \frac{20 - 18}{20} \right\rvert = 0{,}94$ |
| Ecosistemas Acuáticos | $1 - \left\lvert \frac{Seaf - Seai}{Seaf} \right\rvert = Ea$ | $Ea = 1 - \left\lvert \frac{15 - 12}{15} \right\rvert = 0{,}8$ |
| Áreas de especial interés ambiental | $1 - \left\lvert \frac{Siaf - Siai}{Siaf} \right\rvert = Ia$ | $Ia = 1 - \left\lvert \frac{25 - 24}{25} \right\rvert = 0{,}96$ |
| $\boldsymbol{MB} = \left\lvert \frac{\mathbf{0,94 + 0,8 + 0,96}}{\mathbf{3}} \right\rvert = \mathbf{0,9}$ | | |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del medio biótico dio como resultado 0,9, es decir, que el nivel de afectación para este medio es del 10% aproximadamente, por consiguiente, es

fundamental diseñar medidas de prevención con el fin de disminuir este valor. Los datos anteriormente presentados fueron asumidos para efectos del cálculo de los indicadores.

**Tabla 5-8**: Cálculo de indicadores medio físico

| Componente Medio Físico | Fórmula | Cálculo De Indicador |
|---|---|---|
| Geológico | $1-\left\lvert\frac{SGf-SGi}{SGf}\right\rvert=G$ | $Ec=1-\left\lvert\frac{18-14}{18}\right\rvert=0{,}77$ |
| Geomorfológico | $1-\left\lvert\frac{SGmf-SGmi}{SGmf}\right\rvert=Gm$ | $Ea=1-\left\lvert\frac{18-16}{18}\right\rvert=0{,}88$ |
| Suelos y uso de la tierra | $1-\left\lvert\frac{SStf-SSti}{SStf}\right\rvert=St$ | $St=1-\left\lvert\frac{26-22}{26}\right\rvert=0{,}84$ |
| Hidrológico | $1-\left\lvert\frac{SHf-SHi}{SHf}\right\rvert=H$ | $H=1-\left\lvert\frac{17-12}{17}\right\rvert=0{,}7$ |
| Hidrogeológico | $1-\left\lvert\frac{SHgf-SHgi}{SHgf}\right\rvert=Hg$ | $Hg=1-\left\lvert\frac{23-22}{23}\right\rvert=0{,}96$ |
| Paisaje | $1-\left\lvert\frac{SPf-SPi}{SPf}\right\rvert=P$ | $P=1-\left\lvert\frac{35-32}{35}\right\rvert=0{,}92$ |
| Atmosférico | $1-\left\lvert\frac{Siaf-Siai}{Siaf}\right\rvert=Ia$ | $Ia=1-\left\lvert\frac{27-25}{27}\right\rvert=0{,}93$ |
| $\mathbf{MF}=\frac{\mathbf{0,77+0,88+0,84+0,7+0,96+0,92+0,93}}{\mathbf{7}}=\mathbf{0,85}$ | | |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del medio físico dio como resultado 0,85, es decir, que el nivel de afectación para este medio es del 15% aproximadamente, por lo tanto, es fundamental diseñar medidas de prevención con el fin de disminuir este valor, por su parte para el componente atmosférico se deben diseñar tantas medidas de prevención como de mitigación. Los datos anteriormente presentados fueron asumidos para efectos del cálculo de los indicadores.

**Tabla 5-9:** Cálculo indicadores medio socio económico

| Componente medio físico | Fórmula | Cálculo de indicador |
|---|---|---|
| Demográfico | $1-\frac{SDf-SDi}{SDf}=D$ | $D=1-\frac{17-15}{17}=0{,}88$ |
| Espacial | $1-\frac{SEsf-SEsi}{SEsf}=Es$ | $Es=1-\frac{24-22}{24}=0{,}91$ |
| Económico | $1-\frac{SEf-SEi}{SEf}=E$ | $E=1-\frac{28-22}{28}=0{,}78$ |
| Cultural | $1-\frac{SCf-SCi}{SCf}=C$ | $C=1-\frac{26-21}{26}=0{,}81$ |
| Aqueológico | $1-\frac{SAqf-SAqi}{SAqf}=Aq$ | $Aq=1-\frac{16-15}{16}=0{,}93$ |
| Político organizativo | $1-\frac{SPof-SPoi}{SPof}=Po$ | $Po=1-\frac{30-22}{30}=0{,}76$ |
| Tendencias de desarrollo | $1-\frac{STdf-STdi}{STdf}=Td$ | $Td=1-\frac{19-13}{19}=0{,}68$ |
| Población a desplazar | $1-\frac{SPdf-SPdi}{SPdf}=Pd$ | $Pd=1-\frac{29-25}{29}=0{,}86$ |
| $\mathbf{SE}=\frac{\mathbf{0,88+0,91+0,78+0,81+0,93+0,76+0,68+0,86}}{\mathbf{8}}=\mathbf{0,82}$ | | |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del medio socioeconómico dio como resultado 0,82, es decir que el nivel de afectación para este medio es del 18% aproximadamente, por consiguiente, es fundamental diseñar medidas de prevención con el fin de disminuir este valor. Los datos anteriormente presentados fueron asumidos para efectos del cálculo de los indicadores.

A continuación, se calcula el término Significancia de impactos ambientales (SIA).

$$\boldsymbol{SIA}=(\mathbf{0,33})*\mathbf{0,76}+(\mathbf{0,33})*\mathbf{0,85}+(\mathbf{0,33})*\mathbf{0,82}$$

$$\mathbf{SIA}=\mathbf{0,80}$$

Finalmente, con los valores obtenidos del análisis de PMA (APMA), el área de influencia (AI) y la significancia de los impactos ambientales (SIA) se puede calcular el índice ISPA de la siguiente manera:

$$\mathbf{ISPA} = ((\mathbf{0,4}) * \mathbf{0,84} + (\mathbf{0,2}) * \mathbf{0} + (\mathbf{0,4}) * \mathbf{0,80}) * \mathbf{100}$$

$$\mathbf{ISPA = 65\%}$$

Para el proyecto de importación de SAO se observa según el cálculo del índice ISPA, que las medidas de manejo adoptadas para la prevención, mitigación o corrección de impactos ambientales tiene un índice medio del 65%. Lo anterior quiere decir que las medidas diseñadas por el proponente del proyecto para evitar la degradación irreversible del ambiente no están siendo implementadas de forma correcta y en su totalidad. Las medidas deben ser replanteadas de acuerdo con las características del ambiente y deben implementarse en su totalidad.

### 5.3.2 Caso 2: Área de perforación exploratoria APE llanos 2

(Resolución 2123, 2018) **"**Por la cual se otorga Licencia Ambiental y se toman otras determinaciones".

- **Análisis de Plan de Manejo Ambiental**

**Tabla 5-10:** Actividades a ejecutar por el proyecto APE Llanos 2

| Programa | Actividades |
|---|---|
| Estudios Ambientales | La etapa preliminar de los trabajos de perforación exploratoria corresponde a los estudios realizados para la obtención de la Licencia Ambiental para las actividades previstas en el APE LLANOS 2 |
| Negociación de tierras y obtención de permisos | Una vez obtenidos los permisos ambientales se adelanta la fase de negociación de tierras y obtención de permisos (negociación de servidumbres) para proceder a la ejecución del proyecto. Con relación a esta actividad si bien la empresa la presenta en el EIA, está Autoridad señala que, no es competente para evaluar ni hacer seguimiento a la misma, por lo cual no se emitirá ningún pronunciamiento al respecto. |

| Programa | Actividades |
|---|---|
| Contratación e inducción de personal | A medida que las actividades previstas se desarrollen en el APE LLANOS 2, se llevará a cabo el proceso de contratación de personal privilegiando la mano de obra local. Una vez el personal es contratado recibirá la respectiva inducción de tal manera que pueda responder a los estándares del Consorcio Andes Energía Argentina – Integra Oil & Gas. |
| Construcción y/o adecuación de accesos y locaciones | Contempla las actividades de replanteo, movimientos de tierras, conformación de áreas, entre otras. |
| Traslado y montaje de equipos | Corresponde a la movilización y montaje del equipo de perforación y demás infraestructura de las diferentes compañías de servicios (control de sólidos, fluidos de perforación, generadores de energía, personal de perforación (taladro y direccional), HSE, registros, entre otros). |
| Perforación de pozos | Una vez instalado el equipo de perforación y su infraestructura asociada, se iniciará la perforación de los pozos hasta alcanzar la profundidad objetivo de 6500 pies. Terminada y/o mientras se realice esta actividad, se ejecutarán también otras actividades como corazonamiento, toma de registros, completamiento, entre otras. |
| Pruebas de producción e instalación de facilidades tempranas de producción (FTP) | Se realizarán pruebas cortas y extensas de producción con el fin de conocer el potencial de productividad de cada pozo, para lo cual se instalarán facilidades tempranas de producción. |
| Instalación de líneas de flujo | De acuerdo con los resultados de productividad de cada pozo se procederá a la instalación de líneas de flujo para el transporte de fluidos producidos. |
| Desmantelamiento y abandono | Corresponde a la fase final del proyecto y comprende la desmovilización de equipo y restauración del área intervenida, junto con:<br>Desmantelamiento de infraestructura<br>Abandono de pozos<br>Recuperación de áreas intervenidas por el proyecto<br>Pago de servidumbre<br>Pago de bienes y servicios adquiridos en la zona<br>Cumplimiento de acuerdos establecidos con las comunidades |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 2123, 2018)

**Tabla 5-11:** Actividades propuestas en el PMA para el proyecto APE Llanos 2

| Programa | Actividades |
|---|---|
| Manejo del suelo | Manejo y disposición de materiales sobrantes |
| | Manejo de taludes |
| | Manejo paisajístico |
| | Manejo de escorrentía |
| | Manejo de residuos sólidos y especiales |
| | Manejo del suelo |
| | Manejo de construcción, adecuación y mantenimiento de la infraestructura vial |
| | Manejo y remoción de cobertura vegetal y descapote |
| | Manejo de flora |
| | Manejo de fauna |
| | Manejo del aprovechamiento forestal |
| Manejo del recurso hídrico | Manejo de cruces de cuerpos de agua |
| | Manejos de humedales y manantiales |
| | Manejo de captación de fuentes de agua superficial y subsuperficial |
| | Manejo del recurso hídrico |
| Manejo del recurso aire | Manejo de fuentes de emisión y ruido |
| Compensación para el medio biótico | Proyecto de recuperación de suelos |
| | Proyecto de compensación asociado al recurso hídrico |
| Protección y conservación de hábitats | Programa de protección y conservación de hábitats, que incluyen ecosistemas estratégicos, áreas sensibles y áreas protegidas |
| Revegetalización | Proyecto de reforestación |
| Manejo del recurso hídrico | Manejo del recurso hidrobiológico |
| Conservación de especies | Programa de conservación de fauna y flora |

| Programa | Actividades |
|---|---|
| Manejo socioeconómico | Capacitación al personal vinculado al proyecto |
| | Información y participación comunitaria |
| | Apoyo a la capacidad de gestión institucional |
| | Capacitación, educación y concientización a la comunidad involucrada al proyecto |
| | Atención a la comunidad (PQR) |
| Compensación para el medio socioeconómico | Compensación social |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Resolución 2123, 2018)

**Tabla 5-12:** Actividades propuestas y Actividades implementadas APE Llanos 2

| Programa | Actividades propuestas | Actividades implementadas | $Im = \frac{Act\ implementadas}{Act\ propuestas}$ |
|---|---|---|---|
| Manejo del suelo | 11 | 5 | $Im = \frac{5}{11} = 0,45$ |
| Manejo del recurso hídrico | 5 | 3 | $Im = \frac{3}{5} = 0,6$ |
| Manejo del recurso aire | 1 | 1 | $Im = \frac{1}{1} = 1$ |
| Compensación para el medio biótico | 2 | 1 | $Im = \frac{1}{2} = 0,5$ |
| Protección y conservación de hábitats | 1 | 1 | $Im = \frac{1}{1} = 1$ |
| Revegetalización | 1 | 1 | $Im = \frac{1}{1} = 1$ |
| Manejo del recurso hídrico | 1 | 1 | $Im = \frac{1}{1} = 1$ |
| Conservación de especies | 1 | 1 | $Im = \frac{1}{1} = 1$ |
| Manejo socioeconómico | 5 | 4 | $Im = \frac{4}{5} = 0,8$ |

| Programa | Actividades propuestas | Actividades implementadas | $Im = \frac{Act\ implementadas}{Act\ propuestas}$ |
|---|---|---|---|
| Compensación para el medio socioeconómico | 1 | 1 | $Im = \frac{1}{1} = 1$ |
| $\mathbf{Im} = \frac{0,45 + 0,6 + 1 + 0,5 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0,8 + 1}{10} = 0,83$ | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-11 se observa que existen 28 actividades que el proyecto planea ejecutar durante su desarrollo, por otra parte los valores de la columna actividades implementadas de la tabla 5-12 son asumidas por el autor para efectos del cálculo del *Im.*

**Tabla 5-13:** Metas APE Llanos 2

| Ítem | Meta |
|---|---|
| 1 | Manejo y disposición del 100% de materiales sobrantes |
| 2 | Adecuación del 100% de los taludes |
| 3 | Manejo y disposición del 100% de materiales de construcción |
| 4 | Manejo y disposición final del 100% de residuos sólidos y especiales |
| 5 | Manejo y disposición del 100% de residuos líquidos y domésticos |
| 6 | Manejo del 100% de las emisiones de aire y ruido |
| 7 | Recuperación del 100% de los suelos intervenidos |
| 8 | Manejo del 100% de los cauces de agua superficial y subterránea |
| 9 | Ejecución del 100% del programa de revegetalización y reforestación |
| 10 | Ejecución del 100% de los programas de protección y compensación de fauna y flora |
| 11 | Capacitar al 100% de los colaboradores de la obra |
| 12 | Incluir al 100% de las comunidades aledañas que deseen participar en el proyecto |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-14:** Cumplimiento de metas APE Llanos 2

| Meta | % Cumplimiento | $Cm = \frac{Metas\ alcanzadas}{Metas\ propuestas}$ |
|---|---|---|
| 1 | 0,8 | $Cm = \frac{0,8 + 1 + 0,75 + 0,85 + 0,9 + 1 + 0,67 + 0,5 + 0,6 + 0,45 + 0,8 + 0,4}{12}$ <br> $Cm = 0,72$ |
| 2 | 1 | |
| 3 | 0,75 | |
| 4 | 0,85 | |
| 5 | 0,9 | |
| 6 | 1 | |
| 7 | 0,67 | |
| 8 | 0,5 | |
| 9 | 0,6 | |
| 10 | 0,45 | |
| 11 | 0,8 | |
| 12 | 0,4 | |

Fuente: Elaboración propia (Información asumida por el autor)

**Tabla 5-15:** Permisos requeridos para el desarrollo del proyecto APE Llanos 2

| Permiso | Entidad | $Pr = \frac{Permisos\ Obtenidos}{Permisos\ Requeridos}$ |
|---|---|---|
| Permiso de vertimientos | Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible | $Pr = \frac{4}{7} = 0,57$ |
| Aprovechamiento forestal | | |
| Concesión para el aprovechamiento de aguas superficiales | | |
| Exploración, explotación y concesión de aguas subterráneas | | |
| Permiso de ocupación de cauce | | |

| Permiso | Entidad | $Pr = \frac{Permisos\ Obtenidos}{Permisos\ Requeridos}$ |
|---|---|---|
| Permiso para la recolección de especímenes de especies de la biodiversidad | Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible | $Pr = \frac{4}{7} = 0,57$ |
| Aprovechamiento de materiales de construcción | | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-16:** Cálculo de cumplimiento de indicadores *Ic* APE Llanos 2

| Componente | Ponderación | Cumplimiento |
|---|---|---|
| Agua (A) | 0,2 | 0,8 |
| Aire (Ar) | 0,2 | 0,9 |
| Suelo (S) | 0,2 | 0,5 |
| Vegetación (V) | 0,15 | 0,3 |
| Fauna (F) | 0,15 | 0,2 |
| Paisaje (Pa) | 0,05 | 0,6 |
| Social (Sc) | 0,05 | 0,7 |

Fuente: Elaboración propia (información asumida por el autor)

$$Ic = (0,2 * 0,8) + (0,2 * 0,9) + (0,2 * 0,5) + (0,15 * 0,3) + (0,15 * 0,2) + (0,05 * 0,6) + (0,05 * 0,7)$$

$$\boldsymbol{Ic = 0,58}$$

$$\boldsymbol{APMA = (0,3) * 0,83 + (0,3) * 0,72 + (0,1) * 0,57 + (0,3) * 0,58}$$

$$\boldsymbol{APMA = 0,69}$$

El término de Análisis de Plan de Manejo ambiental da un valor de 0,69, éste será necesario posteriormente para el cálculo del índice ISPA.

- **Área de Influencia**

Al revisar la información consignada en la Licencia Ambiental y el concepto técnico emitido por la ANLA, se observa información relevante acerca del área de influencia del proyecto, tienen claridad en la delimitación del área de influencia y como ésta se va modificando a través del tiempo y a medida que el proyecto avanza, por consiguiente, al ser el área de influencia un parámetro de gran importancia en los procesos de seguimiento y control, para este ejercicio se le ha otorgado un valor de "1" debido a que se evidencia que el área de influencia es dinámica.

- **Significancia de Impactos Ambientales**

**Tabla 5-17:** Cálculo indicadores medio biótico APE Llanos 2

| Componente medio biótico | Fórmula | Cálculo de indicador |
|---|---|---|
| Ecosistemas | $1 - \left\lvert \frac{Sef - Sei}{Sef} \right\rvert = Ec$ | $Ec = 1 - \left\lvert \frac{76 - 37}{76} \right\rvert = 0{,}47$ |
| Ecosistemas Acuáticos | $1 - \left\lvert \frac{Seaf - Seai}{Seaf} \right\rvert = Ea$ | $Ea = 1 - \left\lvert \frac{65 - 62}{65} \right\rvert = 0{,}72$ |
| Áreas de especial interés ambiental | $1 - \left\lvert \frac{Siaf - Siai}{Siaf} \right\rvert = Ia$ | $Ia = 1 - \left\lvert \frac{95 - 44}{95} \right\rvert = 0{,}46$ |
| $\boldsymbol{MB = \left\lvert \frac{0{,}47 + 0{,}72 + 0{,}46}{3} \right\rvert = 0{,}55}$ | | |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del medio biótico dio como resultado 0,55, es decir, que el nivel de afectación para este medio es del 45% aproximadamente, por consiguiente, es fundamental diseñar medidas de prevención con el fin de disminuir este valor. Los datos anteriormente presentados fueron asumidos para efectos del cálculo de los indicadores.

**Tabla 5-18:** Cálculo de indicadores medio físico

| Componente medio físico | Fórmula | Cálculo de indicador |
|---|---|---|
| Geológico | $1-\left\lvert\frac{SGf-SGi}{SGf}\right\rvert=G$ | $Ec=1-\left\lvert\frac{88-34}{88}\right\rvert=0{,}38$ |
| Geomorfológico | $1-\left\lvert\frac{SGmf-SGmi}{SGmf}\right\rvert=Gm$ | $Ea=1-\left\lvert\frac{95-46}{95}\right\rvert=0{,}48$ |
| Suelos y uso de la tierra | $1-\left\lvert\frac{SStf-SSti}{SStf}\right\rvert=St$ | $St=1-\left\lvert\frac{76-32}{76}\right\rvert=0{,}42$ |
| Hidrológico | $1-\left\lvert\frac{SHf-SHi}{SHf}\right\rvert=H$ | $H=1-\left\lvert\frac{67-22}{67}\right\rvert=0{,}32$ |
| Hidrogeológico | $1-\left\lvert\frac{SHgf-SHgi}{SHgf}\right\rvert=Hg$ | $Hg=1-\left\lvert\frac{53-33}{53}\right\rvert=0{,}62$ |
| Paisaje | $1-\left\lvert\frac{SPf-SPi}{SPf}\right\rvert=P$ | $P=1-\left\lvert\frac{65-46}{65}\right\rvert=0{,}7$ |
| Atmosférico | $1-\left\lvert\frac{Siaf-Siai}{Siaf}\right\rvert=Ia$ | $A=1-\left\lvert\frac{77-75}{77}\right\rvert=0{,}97$ |
| $\boldsymbol{MF=\frac{0,38+0,48+0,42+0,32+0,62+0,7+0,97}{7}=0,55}$ | | |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del medio abiótico dio como resultado 0,55, es decir, que el nivel de afectación para este medio es del 45% aproximadamente, por consiguiente, es fundamental diseñar medidas de prevención con el fin de disminuir este valor, por su parte para el componente hidrológico se deben diseñar tanto medidas de prevención como de mitigación. Los datos anteriormente presentados fueron asumidos para efectos del cálculo de los indicadores.

**Tabla 5-19:** Cálculo indicadores medio socio económico

| Componente medio físico | Fórmula | Cálculo de indicador |
|---|---|---|
| Demográfico | $1-\frac{SDf-SDi}{SDf}=D$ | $D=1-\frac{27-25}{27}=0{,}92$ |
| Espacial | $1-\frac{SEsf-SEsi}{SEsf}=Es$ | $Es=1-\frac{36-32}{36}=0{,}84$ |
| Económico | $1-\frac{SEf-SEi}{SEf}=E$ | $E=1-\frac{44-42}{44}=0{,}95$ |
| Cultural | $1-\frac{SCf-SCi}{SCf}=C$ | $C=1-\frac{56-51}{56}=0{,}91$ |
| Aqueológico | $1-\frac{SAqf-SAqi}{SAqf}=Aq$ | $Aq=1-\frac{66-65}{66}=0{,}98$ |
| Político organizativo | $1-\frac{SPof-SPoi}{SPof}=Po$ | $Po=1-\frac{30-23}{30}=0{,}76$ |
| Tendencias de desarrollo | $1-\frac{STdf-STdi}{STdf}=Td$ | $Td=1-\frac{29-23}{29}=0{,}79$ |
| Población a desplazar | $1-\frac{SPdf-SPdi}{SPdf}=Pd$ | $Pd=1-\frac{59-45}{59}=0{,}76$ |
| $\boldsymbol{SE=\frac{0,92+0,84+0,95+0,91+0,98+0,76+0,79+0,76}{8}=0,86}$ | | |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del medio socioeconómico dio como resultado 0,86, es decir, que el nivel de afectación para este medio es del 14% aproximadamente, por consiguiente es fundamental diseñar medidas de prevención con el fin de disminuir este valor. Los datos anteriormente presentados fueron asumidos para efectos del cálculo de los indicadores. A continuación, se calcula el término Significancia de impactos ambientales.

$$\boldsymbol{SIA=(0,33)*0,55+(0,33)*0,55+(0,33)*0,86}$$

$$\boldsymbol{SIA=0,64}$$

Finalmente, ya con los valores obtenidos del análisis de PMA (APMA), el área de influencia (AI) y la significancia de los impactos ambientales (SIA) se puede calcular el índice ISPA de la siguiente manera:

$$\mathbf{ISPA} = ((\mathbf{0,4}) * \mathbf{0,65} + (\mathbf{0,2}) * \mathbf{1} + (\mathbf{0,4}) * \mathbf{0,64}) * \mathbf{100}$$

$$\mathbf{ISPA} = \mathbf{71}\%$$

Para el proyecto APE Llanos 2 se observa según el cálculo del índice ISPA que las medidas de manejo adoptadas para la prevención, mitigación o corrección de impactos ambientales tiene un índice medio de 71%, esto corresponde a un valor de índice medio lo que indica que las medidas diseñadas por el proponente del proyecto para evitar la degradación irreversible del ambiente no están siendo implementadas de forma correcta. Las medidas deben ser replanteadas de acuerdo con las características del ambiente y deben implementarse en su totalidad.

# 6. Conclusiones y recomendaciones

## 6.1 Conclusiones

- Se analizaron diferentes metodologías de seguimiento y control utilizadas a nivel mundial en diferentes tipos de proyectos, obras o actividades, encontrando que en cada una de ellas la inclusión de las comunidades involucradas juega un papel importante en la toma de decisiones debido al aporte y conocimiento que tienen de las dinámicas del territorio. Por otra parte, la conformación de un equipo multidisciplinar externo al proyecto a manera de interventoría es pertinente principalmente en los procesos de seguimiento y control, evaluación de las condiciones del ambiente, evaluación de impacto ambiental en los escenarios con y sin proyecto, y la revisión y comparación de los resultados con los PMA que fueron presentados con anterioridad a la implementación del proyecto.
- Se revisó la metodología de seguimiento y control de proyectos vigente en Colombia, identificándose que se designa un equipo de seguimiento (ESA) encargado de evaluar los PMA, ICA, indicadores de gestión, y otra información suministrada por los proponentes. Dicha revisión es teórica y cualitativa y en pocas ocasiones se realizan mediciones en campo para verificar los datos y con frecuencia la evaluación está sujeta al criterio subjetivo del evaluador.

- Para el diseño del ISPA, se establecieron tres términos principales: análisis de PMA, área de influencia, y significancia de impactos ambientales. El primero se compone de cuatro criterios, que permiten evaluar la implementación, el cumplimiento de metas, permisos y cumplimiento de indicadores por componentes; el segundo se plantea con el fin de evaluar los cambios que puede tener el área de influencia en el escenario con y sin proyecto, pues ésta debe tener un carácter dinámico y el tercero evalúa el deterioro del ambiente, tomando como base los valores de significancia de los impactos ambientales potenciales suministrados en la EIA, realizada previa y durante la implementación y puesta en marcha del proyecto, obra o actividad.

- El ISPA es una herramienta cuantitativa que puede complementar los procesos de seguimiento y control actuales, y cada uno de sus términos tiene un valor de ponderación de acuerdo con su complejidad e importancia. Como resultado de su evaluación, se obtiene un porcentaje de cumplimiento ambiental del proyecto, el cual es valorado numéricamente y clasificado como excelente, alto, medio, bajo y deficiente, según sea el caso. De esta manera, el ISPA es un instrumento que permitirá la toma de decisiones en cuanto a la cancelación o renovación de la licencia ambiental.

- El índice ISPA puede ser calculado tanto con datos teóricos suministrados por los proponentes en los documentos como con valores evidenciados en campo durante una visita de seguimiento realizada al proyecto posterior a su puesta en marcha y periódicamente durante su desarrollo.

- Para los dos casos de estudio presentados algunos datos obtenidos se obtuvieron de la licencia ambiental de los mismos y otros requeridos y reportados por los proponentes como información confidencial a la autoridad ambiental, fueron supuestos para efectos del cálculo de los mismos.

- En el primero: Importación de SAO, y en el segundo: APE Llanos 2, se obtuvieron resultados de 65% y 71% respectivamente; es decir, se deben reforzar las medidas de prevención, mitigación y corrección, de tal manera que permitan que ese 35% y 29% restantes, que evidencian la deficiencia de las medidas de control y el posible deterioro del ambiente, sean minimizadas o, por el contrario, los resultados del índice ISPA permitan a la autoridad ambiental tomar decisiones acerca de permitir la continuidad o no del proyecto en curso.

## 6.2 Recomendaciones

- Siendo el ISPA el principal producto de este trabajo, se espera que sea tomado en consideración y sea sometido a evaluación por parte de diferentes autoridades ambientales, con el fin de fortalecer sus procesos de seguimiento y control de proyectos y validar su pertinencia y funcionalidad.

- La aplicación del ISPA debe ser evaluada en trabajos posteriores, teniendo en cuenta que la vigencia de la implementación de la nueva metodología de presentación de estudios ambientales no permite su evaluación, pues ningún proyecto cumple con los requisitos allí exigidos ni tiene el tiempo de funcionamiento necesario para extraer los datos requeridos para la aplicación del índice.

- En trabajos posteriores se podría proponer la implementación de metodologías de seguimiento y control adicionales, en donde se incluya a las comunidades por el proyecto que se va a implementar, así como la conformación de equipos multidisciplinares que puedan realizar interventoría ambiental exhaustiva en todas las etapas del proyecto.

- Establecer una metodología oficial para EIA en Colombia permitiría obtener resultados más precisos en el cálculo del ISPA en los procesos de seguimiento y control de proyectos, pues su formulación podría ajustarse a criterios específicos establecidos en dicha metodología.

- El ISPA es una herramienta dinámica, por consiguiente se recomienda su uso en procesos formativos con el fin de que su aplicación permita si es el caso, su actualización y ajuste conforme va cambiando la normatividad ambiental vigente.

# 7. Bibliografía


Ahammed, A. & Nixon, B., 2006. Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia.. *Environmental Impact Assessment Review,* Volumen 26, pp. 426 -447.

Anon., 1988. s.l.: s.n.

Arts , J., Caldwell, P. & Saunders, M., 2001. Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions. *findings from a workshop at the IAIA 2000 conference.*

Arts, J., 1998. EIA Follow-Up: On the Role of Ex Post Evaluation in Environmental Impact Assessment. *Geo Press, Groningen.*

Arts, J., Caldwell, P. & Morrison Saunders, A., 2001. Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions — findings from a workshop at the IAIA 2000 conference. *Impact Assessment and Project Appraisal,* pp. 175-185.

Arts, J., Caldwell, P. & Morrison-Saunders, A., 2013. Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions. *Workshop at the IAIA 2000 conference.*

Austin, D., 2000. Community participation in EIA follow -up. *IAIA '00 BACK TO THE FUTURE conference EIA Follow -up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

Bevan, J., 2009. Determining significance in environmental impact assessment: a review of impacts upon the socio-economic and water environments. *University of East Anglia.*

Beyter Centty Villafuerte, D., 2010. *Ensayo filosófico acerca de la incertidumbre constante.* s.l.:B - EUMED.

Callon, M., Lascoumes, P. & Barthe, Y., 2009. *Acting in an uncertain world: An essay on technical democracy,* s.l.: s.n.

Campos Vieda, C. A., 2015. *Propuesta de ajuste a la metodología de seguimiento y control para disminuir la incertidumbre en el proceso de licenciamiento ambiental en Colombia,* s.l.: s.n.

Canter, L., 1999. *Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental.* Bogotá: McGraw-Hill.

Caro, A. L., 2016. *Diseño de un índice de efectividad para el análisis de metodologías empleadas en la elaboración de estudios de impacto ambiental en Colombia,* s.l.: s.n.

Carvajal, Y. & Kottow, M., 2012. Metrología de la incertidumbre: un estudio de las estadísticas vitales en Chile y Brasil. *Scielo.*

Choi, Y. B., 1993. *Paradigms and conventions: Uncertainty, decision making and entrepreneurship. Ann Arbor, Michigan, Estados Unidos: The University of Michigan Press,* s.l.: s.n.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2004. *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2003,* Santiago de Chile: s.n.

Conesa, V., 1995. *Guía metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental.* 3 ed. s.l.:Madrid: Mundi-Prensa Libros.

Contraloría General de la República, 2006. *Estado actual del licenciamiento ambiental en Colombia,* s.l.: s.n.

Contraloría General de la República, 2017. *Informe sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente,* s.l.: s.n.

De la fuente Fernandez, S., 2013. Números Índices. En: *Estadística descriptiva.* Madrid: Facultad de ciencias económicas y empresariales, pp. 1-23.

*Decreto 1076 de 2015* (2015) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible .

*Decreto 1180* (2003) Ministerio de Ambiente y Desarollo Sostenible.

*Decreto 1220* (2005) IDEAM.

*Decreto 1552* (2005) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Teritorial.

*Decreto 1728* (2002) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

*Decreto 1753* (1994) Ministerios de Medio Ambiente.

*Decreto 2811* (1974) Congreso de la república de Colombia.

*Decreto 3266* (2004) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Teritoial.

Denis, R., 2000. Lessons derived from the environmental follow-up programs on the La Grande Rivière, downstream from la Grande-2A Generating Station, James Bay, Quebec, Canada. *IAIA '00 Back to the Future conference EIA Follow -up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

Departamento Nacional de Planeación , 2009. *Guía metodológica para la formulación de indicadores,* Bogotá: Scripto Gomez y Rosales.

*Diario Oficial No 49.523* (2015).

*Diario Oficial No 49.523* (2015).

Farber, D. A., 2003. Probabilities Behaving Badly: Complexity Theory and Environmental uncertainty.. *University of California, Davis, Law Review,* 1(37), pp. 145 - 173.

FEARO, 1993. *Federal Environmental Assessment Review Office. A Guide to the Canadian Environmental Assessment aCT.,* Canada: s.n.

*Gaceta Constitucional No 116* (1991) Congreso de la Respública de Colombia.

Gachechiladze-Bozhesku, M. & Fischer, T., 2011. Benefits of and barriers to SEA follow-up Theory and Practice.. *Environmental Impact Assessment Review,* pp. 22-30.

García, P., 2006. *Objetivo de la ciencia, verdad y medidas de incertidumbre.* s.l.:Red Cuaderno CIBAGE.

Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. & Garmendia, L., 2005. *Evaluación de Impacto Ambiental.* Madrid: Pearson educación.

Gil Aluja, J., 2009. *Génesis de una teoría de la incertidumbre.* Madrid: Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid.

Gil, M. J., Soto, A. M., Usma , J. I. & Gutierrez, O. D., 2012. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción mas limpia: artículo de revisión,* pp. 52-73.

Girón, F. J., 2001. Determinismo, caos, azar e incertidumbre.. *En Horizontes culturales:,* pp. 73 - 83.

Glasson, J., Therivel, R. & Chadwick, A., 2005. Introduction to Environmental Impact Assessment. Volumen 3, p. 423.

Glasson, J., Therivel, R. & Chadwick, A., 2012. *Introduction to Environmental Impact Assessment.* United Kindom: s.n.

Gómez Delgado, M. & Bosque Sendra, J., 2009. *Aplicación de análisis de incertidumbre como método de validación y control del riesgo en la toma de decisiones.* s.l.:Asociación de Geógrafos Españoles.

Gómez, N. C., 2015. *Fundamentos teóricos y lineamientos metodológicos para la incorporación del concepto de incertidumbre en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA),* Bogotá: s.n.

Goodland, R. & Mercier, J.-R., 1999. The evolution of environmental assessment in the World Bank : from "approval" to results.

Guerrero , H., Mayorga, M. & De Antonio, O., 2014. *Teoría de la decisión aplicada: análisis de decisiones bajo incertidumbre, riesgo y teoría de juegos.* s.l.:Ecoe Ediciones.

Guevara Ulloa, L. S., 2016. *Seguimiento y monitoreo en la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia.,* s.l.: s.n.

Hawking, S., 2011. *Historia del tiempo: Del Big Bang a los Agujeros Negros.* s.l.:s.n.

Hollick, M., 1986. Environmental Impact Assessment: an International Evaluation.. *Environmental Management,* Volumen 10, pp. 157-158.

Hudson, M. D., 2013. Determination of significance in Ecological Impact Assessment: Past change, current practice and future improvements. *Environmental Impact Assessment Review ,* pp. 15-25.

Hui, S., 2000. Environmental monitoring and audit: past, prepresent.. *IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow-up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

IOM (Institute of Medicine), 2013. Environmental Decisions in the Face of Uncertainty. *Washington: The National Academies Press.*

Jones, R. & Fischer, T. B., 2016. EIA Follow-Up in the UK. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management.*

Kamal, A. M. & Burkell, J., 2011. Addressing uncertainty: when information is not enough. *The Canadian Journal of Information and Library Science,* 4(35), pp. 384 - 396.

Lee, N. & Wood, C., 1980. Methods of environmental impact assessment for use in project appraisal and physical planning. *Occasional Paper, University of Manchester.,* Volumen 7.

Leu, W., Willians, W. & Bark, A., 1996. Development of an environmental impact assessment evaluation model and its application: Taiwan Case study.. *Environmental Impact,* Volumen 16, pp. 115-133.

*Ley 99* (1993) Congreso de la República de Colombia.

Lindley, D. V., 2006. Understanding Uncertainty. *Minehead, Somerset, England: Wiley-.*

Loucks, D. P. y otros, 2005. *Water resources systems planning and management: an introduction to methods, models and applications,* Paris: UNESCO.: s.n.

Lubinski, J. W., 1998. *Ideas sobre la complejidad del mundo.* Barcelona, España: Tusquets Editores.

MADS - ANLA, 2018. *Metodología general para la elaboración y pesentación de estudios ambientales,* s.l.: s.n.

Maroto, A., Boqué, R., Riu, J. & Rius, X., 2001. Incertidumbre y precisión. *Técnicas de laboratorio,* Issue 834-837, p. 266.

Marshall, R., Arts , J. & Morrison-Saunders, A., 2005. International Principles for Best Practice EIA Follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal,* 23(3), pp. 175-181.

Martinez, L., 2013. *Análisis de la Incertidumbre en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia desde el enfoque de los sistemas complejos,* s.l.: s.n.

McCallum, D., 1986. *Follow-Up to Environmental Impact Assessment: Learning from the Canadian Goverment experience.,* Ottawa, Canada: s.n.

Meijer, J. & Van Vliet, 2000. EIA evaluation: added value by screening and scoping. *IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow-up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018. *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales,* s.l.: s.n.

Ministerio de Ambiente, 2002. *Decreto 1728 ,* s.l.: s.n.

Ministerio de Ambiente, 2002. *Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos,* s.l.: s.n.

Ministerio de Ambiente, 2002. *Manueal de Seguimiento Ambiental de Proyectos,* s.l.: s.n.

Modak, P. & Biswas, A., 1999. Conducting environmental impact assessment in developing countries. *Tokyo: United Nations University Press.*

Morrison Saunders, A., Baker, J. & Arts, J., 2003. Lessons from practice: Towards successful follow up. *Impact Assessment and Project Appraisal,* Volumen 21, pp. 43-56.

Morrison-Saunders, A. & Bailey, J., 2000. Exploring the EIA/environmental management relationship: follow -up for performance evaluation. *IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow-up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

Munn, R. E., 1975. Environmental impact assessment: principles and procedures.. *SCOPE report 5 Toronto. John Wiley & Sons. .*

Munro, D., 1987. *Learning from experience: auditing environmental impact assessment. In B. Sadler (ed) Audit and Evaluation in Environmental Assessment and Management: Canadian and International Experience, Proceedings of the Conference on Follow-up/ Audit of EIA Results,* s.l.: s.n.

Noble, B. & Storey, K., 2005. Towards increasing utility of follow-up in Canadian EIA.. *Environmental Impact Assessment Review,* Volumen 25, pp. 163-180.

Nunzia, . L. y otros, 2014. Health Impact Assessment Practice and Potential for Integration within Environmental Impact and Strategic Environmental Assessments in Italy. *Environmental research and public health.*

O'Beirne, S., Clark, M. & du Preez, J., 2000. "EIA follow -up perspectives on a burgeoning aluminium industry in two devdeveloping countries. *IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow -up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

OECD, 1993. *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development,* s.l.: s.n.

O'Faircheallaigh, C., 2007. Environmental agreements, EIA follow-up and Aboriginal participation in environmental management: The Canadian experience. *Environmental Impact Assessment Review,* 27(4), pp. 319-342.

O'Hagan, T., 2004. Dancing with the unknown. *Significance,* 2(1), pp. 132 - 133.

Ortolano, L., Jenkins, B. & Abracosa, R., 1987. Speculations on when and why EIA is effective. *Environmental Impact Assessment Review,* Volumen 7, pp. 92-285.

Oyarzún G, M., 2010. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev Chil Enf Respir ,* pp. 16-25.

Prieto, J., Prieto , F., Acevedo, A. & Mendez, A., 2013. Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo. *Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de México.*

Quintero, U., 1997. *Fundación para la Educación Superior, FES. Evaluación de Proyectos Sociales. Construcción de Indicadores, Ingeniería Gráfica.* 3 ed. Colombia: s.n.

*Resolución 1264* (2018) Agencia Nacional de Licencias Ambientales ANLA.

*Resolución 1402* (2018) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

*Resolución 2123* (2018) Agencia Nacional de Licencias Ambiental.

Rojas Díaz, D. A., 2013. *Licencias ambientales en Colombia: límites o autorizaciones para el uso de los recursos naturales,* s.l.: s.n.

Ross, W., 2000. The Independent Environmental Monitoring Agency, a Canadian case study. *IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow -up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

Sadler, B., 1996. International study of the effectiveness of environmental assessment: final report.. *Ottawa: International Association for Impact Assessment and Canadian Environmental Assessment Agency, Ministry of Supply and Services.*

Secretaría Distital de Ambiente, 2013. *INSTRUCTIVO Diligenciamiento de la Matriz de Identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales,* Bogotá: s.n.

Silva Arroyave, S. M. & Correa Restrepo, F. J., 2009. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE REGULACIÓN ECONÓMICA. *Universidad de Medellín,* pp. 13-34.

Storey, K. & Jones, P., 2003. Social impact assessment, impact management and follow-up: A case study of the construction of the Hibernia offshore platform.. *Impact Assessment and Project Appraisal,* 21(2), pp. 99-107.

Tannert, C., Elvers, H. D. & Jandrig, B., 2007. The ethics of uncertainty. *EMBO (European Molecular Biology Organization) reports,* 8(10), pp. 892 - 896.

Tennoy, A., Kværner, J. & Gjerstad, K., 2006. Uncertainty in environmental impact assessment predictions: The need for better communication and more transparency.. *Impact Assessment and Project Appraisal,* 1(24), pp. 45 -56.

Therivel, R. & Wood, G., 2018. *Methods of Environmental and Social Impact Assessment.* s.l.:s.n.

Tomlinson, P., 1987. Environmental audits special edition.. *Environmental Monitoring,* 8(3), p. 183–261.

Toro, J. J., 2009. *Análisis constructivo del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia, propuestas de mejora,* Granada, España: s.n.

Toro, J. J., 2015. *Presentaciones curso Evaluación de Impacto Ambiental.* Bogotá, s.n.

Toro, J., Requena, I. & Zamorano, M., 2010. Environmental impact assessment in Colombia: Critical analysis and proposals for improvement. *Environmental Impact Assessment Review,* 4(30), pp. 247 - 261.

Wagensberg, J., 1998. *Ideas sobre la complejidad del mundo.* 4 ed. Barcelona: Tusquets Editores S.A..

Wathern, P., 1998. An Introductory guide to EIA.. En: *Wathern, P. Environmental impact assessment: theory and practice..* s.l.:London: Biddles Ltd, Guilford and King's Lynn, pp. 3 - 46.

Wilkins, H., 2003. The need for subjectivity in EIA: Discourse as a tool for sustainable. *Environmental Impact Assessment Review,* 3(24), p. 401–414.

Wlodarczyk, T., 2000. Improving monitoring and follow -up in Canadian environmental assessments. *IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow -up Stream Hong Kong Convention and Exhibition Centre,* pp. 19-23.

Wood, C., 2003. *Environmental impact assessment: a comparative review..* London: Pearson-Prentice Hall..