



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  

---

**SEDE BOGOTÁ**

# **Análisis crítico de la Evaluación de Impacto Ambiental en el sector eléctrico colombiano y propuesta de mejora**

**Andrés Aldana Millán**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Bogotá D.C., Colombia  
2012



# Análisis crítico de la Evaluación de Impacto Ambiental en el sector eléctrico colombiano y propuesta de mejora

**Andrés Aldana Millán**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magíster en Ingeniería Eléctrica**

Director:  
Ph.D. José Javier Toro Calderón

Co-Director:  
Ph.D. Oscar Germán Duarte Velasco

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Bogotá D.C., Colombia  
2012



## Dedicatoria

A mi mamá

A mi papá †

A mi familia

A tati

A la Universidad Nacional de Colombia



# Agradecimientos

Quisiera agradecer a mis papás por todos los esfuerzos realizados para poder estudiar durante mi vida académica. Así mismo, por el apoyo y soporte brindado desde siempre. A mi mamá por ser una excelente persona, comprometida, amorosa, fuerte, incondicional y tierna, realizando de forma impecable su labor de mamá. A mi papá, que aunque ya no está, siempre trabajó fuerte por sus objetivos, supo manejar la presión y responsabilidad en lo que hizo, fue íntegro en su quehacer diario y finalmente, se comprometió y cumplió conmigo en sus deberes como padre.

Al director por sus ideas, correcciones, paciencia y entendimiento. Siempre encontraba una nueva idea o una palabra de aliento para continuar con el trabajo, siempre había una disponibilidad para atender las dudas, mejorar el trabajo y proponerme nuevos retos. De alguna u otra forma aprendí varias cosas de los directores, que seguramente me servirán en una próxima etapa en la Universidad Nacional de Colombia.

A tati por estar a mi lado, por ser una razón para muchas cosas, por esos momentos de diversión y buscar que yo sea una mejor persona cada día. En muchas ocasiones me ayudó, en otras no tanto. Sin embargo, siempre fue una voz de apoyo y compromiso.

A la Universidad Nacional de Colombia, por ser ese sitio donde he conocido personas muy valiosas, donde he aprendido y disfrutado la ingeniería eléctrica, donde seguramente volveré para ser parte de ella y representarla una vez más con orgullo. Alguna vez me preguntaron cuál era el sitio que más me gustaba de Bogotá, no dudé ni un segundo en que era la UN.

A las distintas personas que me ayudaron en el desarrollo de la tesis, ya sea con una simple llamada o correo, pero que de alguna forma me dieron una guía y soporte para tomar mejores decisiones.

Un agradecimiento especial a la ingeniera Estrella Parra y al ingeniero Renato Céspedes, por ser modelos a seguir como personas y profesionales. Cada día compartido con ellos aprendí nuevas cosas en diferentes campos de la vida.





## Resumen

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una herramienta que tiene como objetivo identificar, predecir, interpretar-valorar, prevenir o corregir y comunicar, el efecto de un proyecto sobre el medio ambiente [59]. La EIA está reglamentada por la legislación ambiental de cada país, en la cual, generalmente, se requiere presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) para obtener una licencia ambiental. La legislación Colombiana (así como en muchos otros países) no determina que metodología de EIA usar (se limita a sugerir algunas características), lo deja a criterio del grupo de trabajo que desarrolle el EsIA. Esto genera una gran cantidad de metodologías y variantes, disminuyendo la calidad del proceso.

Dentro de los proyectos que requieren EsIA para su desarrollo, se encuentran los grandes proyectos de infraestructura eléctrica: generación (térmica e hidráulica) y líneas de transmisión. Cada uno tiene propiedades diferentes, por lo tanto se realiza un estudio del sistema de potencia eléctrico y de sus principales componentes. Se identifican los impactos que este produce: e revisaron múltiples documentos, tales como guías ambientales, artículos, EsIAs, entre otros, y se conformaron listas con los impactos típicos. Se encuentra un patrón similar: impactos genéricos debidos a la construcción e impactos propios de la operación.

Se revisan algunos antecedentes en el caso Colombiano. Por ejemplo, Toro[183] y su evaluación del sistema de EIA; Gil[92] y una caracterización de los EsIA del sector; y Martínez[137] y su propuesta metodológica para la EIA en Colombia. Se determina que la opción óptima es realizar ajustes a una metodología ya establecida, aprovechando su experiencia. Se selecciona la Metodología Cualitativa de Conesa, de acuerdo a un proceso con criterios legales, técnicos, metodológicos y antecedentes.

El objetivo de este trabajo es generar una propuesta metodológica para el desarrollo de la EIA para la infraestructura eléctrica; a partir de un marco teórico, una definición de las mejores prácticas en términos de legislación y el análisis de los impactos propios del sector eléctrico. Se proponen ajustes a la etapa de valoración cualitativa, revisando cada componente de la Importancia de un impacto. Estos criterios se alinearon con las sugerencias de la legislación colombiana. Finalmente, se revisaron con un enfoque en los impactos ambientales del sector eléctrico.

En el desarrollo de este trabajo se determina que es más óptimo estandarizar el proceso de EIA a crear muchas variantes y ramificaciones, que finalmente terminarán en una disminución de la eficiencia del proceso a nivel global. Si bien todos los proyectos son diferentes, generan impactos diversos y se desarrollan en ambientes diferentes, el proceso de EIA debe ser integral y funcional a nivel de país, es decir, creando una fortaleza mas no una especialización desarticulada. Las particularidades de cada proyecto deben ser analizadas y revisadas por expertos, asegurando la rigurosidad y pertinencia de los resultados.

**Palabras clave:** evaluación, impacto, ambiental, EIA, infraestructura, eléctrica, cualitativa, Conesa, Importancia, Colombia.



## Abstract

The Environmental Impact Assessment (EIA) is a tool with the aim to identify, predict, evaluate, and prevent or, if necessary, correct and communicate the impacts of a project on the environment [59]. The EIA is regulated by the environmental laws of each country, where commonly an Environmental Impact Statement (EIS) is required to obtain an environmental license. Colombian legislation, as in several other countries, does not determine what EIA methodology is used (rather it is limited to suggesting a few parameters). Ultimately, the decision is left to the work group responsible for developing the EIS. For this reason, many methodologies and variants are created, thereby affecting the process quality.

Within the types of projects that require an EIS for their development are included the major electrical infrastructure projects: generation (thermal and hydraulic) and transmission lines. Each one has different properties; therefore, a study of the electrical power system and its principal components is carried out. Using this study the impacts of the electrical infrastructure are identified. Documents such as the environmental guidelines and EIS are reviewed to create lists of the typical impacts. Generally, the environmental effects are split in two groups: generic impacts due construction actions and specific impacts intrinsic to the operation itself.

Some precedents are reviewed for the Colombian case. For example, Toro[183] evaluated the EIA's Colombian system; Gil[92] characterized the EIS of the electrical sector; and Martínez[137] developed a methodological proposal for the EIA in Colombia. It was determined that the best option is to adjust an already established methodology, taking advantage of its experience. The Qualitative Methodology was selected based on criteria such as legislation, technical aspects, methods comparison and background.

The aim of this work is to generate a methodological proposal for the development of the EIA for the electrical infrastructure and from a theoretical framework, a definition of the best practices in terms of legislation and analysis impacts specific to the electrical sector. Adjustments to qualitative evaluation are proposed based on careful consideration of every aspect affecting the importance of an impact. These components were aligned with the suggestions of the Colombian legislation. Finally, they were checked with a focus on the environmental impacts of the electrical sector.

It was concluded that the optimum is to standardize EIA's process rather than creating many variants and ramifications, which will ultimately result in a decrease of the efficiency of the overall process. Given that all projects are different, they generate a wide variety impacts in different environments. Therefore, the EIA process must be comprehensive and functional at high levels, creating a strength rather than an inarticulate specialization. The nuances of every project must be analyzed and reviewed by experts, ensuring the thoroughness and relevancy of the results.

**Keywords:** Environmental, Impact, Assessment (EIA), infrastructure, electrical, qualitative, Conesa, importance, Colombia)



# Contenido

|  |              |
|--|--------------|
| <b>Portada</b>   | <b>I</b>     |
| <b>Agradecimientos</b>   | <b>VII</b>   |
| <b>Resumen</b>   | <b>IX</b>    |
| <b>Abstract</b>  | <b>XI</b>    |
| <b>Contenido</b>   | <b>XVI</b>   |
| <b>Lista de Figuras</b>  | <b>XVIII</b> |
| <b>Introducción</b>  | <b>1</b>     |
| <b>Lista de Tablas</b>   | <b>1</b>     |
| <b>1. Evaluación de Impacto Ambiental</b>                                    | <b>3</b>     |
| 1.1. Introducción . . . . .  | 3            |
| 1.2. Evaluación de Impacto Ambiental . . . . .                               | 3            |
| 1.2.1. Ambiente . . . . .  | 4            |
| 1.2.2. Impacto Ambiental . . . . .   | 4            |
| 1.2.3. Evaluación de Impacto Ambiental . . . . .                             | 5            |
| 1.2.4. Estudio de de Impacto Ambiental . . . . .                             | 6            |
| 1.2.5. Infraestructura Eléctrica . . . . .                                   | 7            |
| 1.2.6. Objetivos . . . . .   | 8            |
| 1.2.7. Principios . . . . .  | 8            |
| 1.2.8. Estructura General . . . . .  | 10           |
| 1.2.9. Desarrollo histórico . . . . .  | 12           |
| 1.3. Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental . . . . .               | 14           |
| 1.3.1. Clasificación de Canter y Sadler[31] . . . . .                        | 15           |
| 1.3.2. Clasificación de metodologías de V. Conesa . . . . .                  | 19           |
| 1.3.3. Matriz de Leopold[194] . . . . .                                      | 28           |
| 1.3.4. Metodología de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) [10] . . . . . | 32           |
| 1.3.5. Metodología Cualitativa[59] . . . . .                                 | 35           |
| 1.4. Comentario sobre la EIA . . . . .                                       | 44           |
| <b>2. Legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental</b>                  | <b>45</b>    |
| 2.1. Introducción . . . . .  | 45           |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 2.2.      | Colombia . . . . .  | 46        |
| 2.2.1.    | Antecedentes . . . . .  | 46        |
| 2.2.2.    | Ley General Ambiental de Colombia. Ley 99 de 1993 . . . . .                                     | 48        |
| 2.2.3.    | Licencia Ambiental - Decreto 2820 de 2010 . . . . .   | 49        |
| 2.2.4.    | Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) . . . . .   | 52        |
| 2.2.5.    | Términos de Referencia . . . . .  | 52        |
| 2.2.6.    | Diagnóstico Ambiental de Alternativas . . . . .   | 56        |
| 2.2.7.    | Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales . . . . .                      | 57        |
| 2.2.8.    | Manual Evaluación Estudios Ambientales . . . . .  | 58        |
| 2.2.9.    | Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos . . . . .  | 60        |
| 2.2.10.   | Guías Ambientales . . . . .   | 61        |
| 2.2.11.   | Guía Ambiental de Proyectos Carboeléctricos . . . . .   | 63        |
| 2.2.12.   | Guía Ambiental para proyectos de Transmisión de energía eléctrica . . . . .                     | 63        |
| 2.2.13.   | Guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica . . . . .                               | 65        |
| 2.2.14.   | Guía Ambiental para Termoeléctricas y Procesos de Cogeneración.<br>Parte Aire y Ruido . . . . . | 66        |
| 2.2.15.   | Guía Ambiental para hidroeléctricas . . . . .   | 67        |
| 2.2.16.   | Comparación guías ambientales Colombia . . . . .  | 68        |
| 2.2.17.   | Decreto 3573 de 2011 - ANLA . . . . .   | 68        |
| 2.2.18.   | Ley 142 de 1994 . . . . .   | 69        |
| 2.2.19.   | Ley 143 de 1994 . . . . .   | 69        |
| 2.2.20.   | Ley 842 de 2003 . . . . .   | 70        |
| 2.3.      | Suramérica . . . . .  | 71        |
| 2.3.1.    | Argentina . . . . .   | 72        |
| 2.3.2.    | Bolivia . . . . .   | 75        |
| 2.3.3.    | Brasil . . . . .  | 77        |
| 2.3.4.    | Ecuador . . . . .   | 78        |
| 2.3.5.    | Perú . . . . .  | 80        |
| 2.3.6.    | Paraguay . . . . .  | 82        |
| 2.3.7.    | Uruguay . . . . .   | 83        |
| 2.3.8.    | Venezuela . . . . .   | 85        |
| 2.4.      | Otros países . . . . .  | 87        |
| 2.4.1.    | África - Región del sur . . . . .   | 87        |
| 2.4.2.    | Canadá . . . . .  | 89        |
| 2.4.3.    | Estados Unidos . . . . .  | 90        |
| 2.4.4.    | Comisión Europea . . . . .  | 91        |
| 2.4.5.    | Francia . . . . .   | 92        |
| 2.4.6.    | México . . . . .  | 94        |
| 2.5.      | Resumen - Análisis legislación EIA internacional . . . . .                                      | 95        |
| <b>3.</b> | <b>Sistema de Potencia Eléctrica</b> . . . . .  | <b>99</b> |
| 3.1.      | Introducción . . . . .  | 99        |
| 3.2.      | Sistema de Potencia Eléctrica . . . . .   | 100       |
| 3.2.1.    | Generación . . . . .  | 102       |

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 3.2.2.    | Transmisión . . . . .  | 108        |
| 3.2.3.    | Distribución . . . . .   | 110        |
| 3.2.4.    | Consumidor . . . . .   | 112        |
| 3.2.5.    | Subestaciones . . . . .  | 113        |
| 3.2.6.    | Centros de Control . . . . .   | 115        |
| 3.3.      | Sector Eléctrico Colombiano . . . . .  | 117        |
| 3.3.1.    | Capacidad Efectiva . . . . .   | 117        |
| 3.3.2.    | Generación real típica . . . . .   | 117        |
| 3.3.3.    | Sistema de transmisión . . . . .   | 118        |
| 3.3.4.    | Proyección demanda . . . . .   | 120        |
| 3.3.5.    | Esquema Institucional . . . . .  | 121        |
| 3.3.6.    | Factor de emisión SIN . . . . .  | 124        |
| 3.4.      | Sector Eléctrico y EIA . . . . .   | 125        |
| <b>4.</b> | <b>Infraestructura eléctrica y su impacto ambiental</b>                        | <b>127</b> |
| 4.1.      | Introducción . . . . .   | 127        |
| 4.2.      | Impactos ambientales en construcción . . . . .                                 | 129        |
| 4.3.      | Impactos ambientales Centrales Térmicas . . . . .                              | 133        |
| 4.4.      | Impactos ambientales Centrales Hidroeléctricas . . . . .                       | 136        |
| 4.5.      | Impactos ambientales Parques Eólicos . . . . .                                 | 138        |
| 4.6.      | Impactos ambientales Líneas de Transmisión . . . . .                           | 140        |
| 4.7.      | Impactos ambientales Sistema de Distribución . . . . .                         | 142        |
| 4.8.      | Otros Impactos ambientales . . . . .   | 144        |
| <b>5.</b> | <b>Antecedentes, diagnóstico y definición de propuesta</b>                     | <b>147</b> |
| 5.1.      | Introducción . . . . .   | 147        |
| 5.2.      | Antecedentes . . . . .   | 149        |
| 5.2.1.    | Análisis crítico y propuesta de mejora para la EIA en Colombia . . . . .       | 149        |
| 5.2.2.    | Caracterización EsIA ingeniería eléctrica Colombia . . . . .                   | 151        |
| 5.2.3.    | Propuesta metodológica para la EIA en Colombia . . . . .                       | 152        |
| 5.3.      | Diagnóstico sector eléctrico colombiano - EIA . . . . .                        | 156        |
| 5.4.      | Definición de propuesta . . . . .  | 162        |
| 5.4.1.    | Consideraciones legales . . . . .  | 162        |
| 5.4.2.    | Consideraciones técnicas . . . . .   | 163        |
| 5.4.3.    | Selección de metodología base . . . . .  | 166        |
| <b>6.</b> | <b>Propuesta Metodología EIA para infraestructura eléctrica</b>                | <b>169</b> |
| 6.1.      | Introducción . . . . .   | 169        |
| 6.2.      | Análisis de los criterios para determinar la Importancia del impacto . . . . . | 170        |
| 6.2.1.    | Signo $\pm$ . . . . .  | 171        |
| 6.2.2.    | Intensidad $IN$ . . . . .  | 172        |
| 6.2.3.    | Extensión $Ex$ . . . . .   | 173        |
| 6.2.4.    | Momento $Mo$ . . . . .   | 173        |
| 6.2.5.    | Reversibilidad $RV$ . . . . .  | 174        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 6.2.6.    | Recuperabilidad <i>MC</i> . . . . .  | 175        |
| 6.2.7.    | Sinergia <i>SI</i> . . . . .   | 176        |
| 6.2.8.    | Acumulación <i>AC</i> . . . . .  | 177        |
| 6.2.9.    | Efecto <i>EF</i> . . . . .   | 178        |
| 6.2.10.   | Persistencia <i>Pe</i> . . . . .   | 179        |
| 6.2.11.   | Periodicidad <i>PR</i> . . . . .   | 180        |
| 6.3.      | Alineación con criterios sugeridos por la legislación Colombiana . . . . . | 181        |
| 6.4.      | Análisis de criterios de impactos infraestructura eléctrica . . . . .      | 181        |
| 6.4.1.    | Análisis criterios de impactos centrales térmicas . . . . .                | 182        |
| 6.4.2.    | Propuesta determinación del impacto centrales hidroeléctricas . . . . .    | 183        |
| 6.4.3.    | Propuesta determinación del impacto líneas de transmisión . . . . .        | 184        |
| 6.4.4.    | Propuesta determinación del impacto parques eólicos . . . . .              | 185        |
| 6.5.      | Propuesta Metodología de EIA para infraestructura eléctrica . . . . .      | 186        |
| 6.6.      | Aplicación de prueba metodología propuesta . . . . .                       | 190        |
| 6.6.1.    | GECELCA3. Termoeléctrica . . . . .   | 190        |
| 6.6.2.    | SIEPAC. Línea de transmisión y subestaciones 230 kV . . . . .              | 192        |
| 6.6.3.    | CHAGLLA. Central Hidroeléctrica 400MW . . . . .                            | 194        |
| 6.6.4.    | Análisis resultados aplicación metodología propuesta . . . . .             | 197        |
| <b>7.</b> | <b>Conclusiones y recomendaciones</b>                                      | <b>199</b> |
| 7.1.      | Conclusiones . . . . .   | 199        |
| 7.2.      | Recomendaciones . . . . .  | 202        |
| <b>A.</b> | <b>Factores Ambientales y Acciones de Proyecto (Matriz de Leopold)</b>     | <b>203</b> |
| <b>B.</b> | <b>Anexo: Identificación y Valoración impactos ambientales GECELCA 3</b>   | <b>209</b> |
| <b>C.</b> | <b>Anexo: Identificación y Valoración impactos ambientales SIEPAC</b>      | <b>221</b> |
| <b>D.</b> | <b>Anexo: Identificación y Valoración impactos ambientales CHAGLLA</b>     | <b>227</b> |
| <b>E.</b> | <b>Anexo: Proyectos inscritos en la UPME</b>                               | <b>233</b> |
| <b>F.</b> | <b>Anexo: Lista de Abreviaturas</b>  | <b>235</b> |
|           | <b>Bibliografía</b>  | <b>238</b> |



# Lista de Figuras

|  |     |
|--|-----|
| <b>1-1.</b> Impacto Ambiental . . . . .  | 5   |
| <b>1-2.</b> Estructura general de la EIA . . . . .   | 10  |
| <b>1-3.</b> Diagrama de flujo Metodología Leopold . . . . .  | 28  |
| <b>1-4.</b> Esquema Matriz de Leopold . . . . .  | 30  |
| <b>1-5.</b> Instrucciones de la Matriz de Leopold . . . . .  | 31  |
| <b>1-6.</b> Jerarquía Medio Ambiente . . . . .   | 37  |
| <b>1-7.</b> Matriz de Identificación de efectos. Metodología Cualitativa . . . . .                             | 40  |
| <b>1-8.</b> Tipología de las Medidas Correctoras . . . . .   | 42  |
| <b>1-9.</b> Matriz de Evaluación Conesa . . . . .  | 43  |
| <br>   |     |
| <b>2-1.</b> Proceso general para obtener la licencia ambiental . . . . .                                       | 51  |
| <b>2-2.</b> Requerimiento EIA parques eólicos en Francia . . . . .   | 93  |
| <br>   |     |
| <b>3-1.</b> Sistema eléctrico convencional . . . . .   | 101 |
| <b>3-2.</b> Diagrama unifilar básico sistema de potencia . . . . .   | 102 |
| <b>3-3.</b> Generación de energía eléctrica mundial por tipo y proyección . . . . .                            | 103 |
| <b>3-4.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> en Estados Unidos . . . . .   | 104 |
| <b>3-5.</b> Efecto en el costo de generación con un impuesto a emisiones de CO <sub>2</sub> en Chile . . . . . | 105 |
| <b>3-6.</b> Costo esperado de tecnologías de generación eléctrica . . . . .                                    | 106 |
| <b>3-7.</b> Esquemas básicos tecnologías de generación eléctrica . . . . .                                     | 107 |
| <b>3-8.</b> Elementos torre de transmisión eléctrica . . . . .   | 109 |
| <b>3-9.</b> Poste de distribución eléctrica . . . . .  | 111 |
| <b>3-10.</b> Curva de demanda diaria, promedio mensual . . . . .   | 112 |
| <b>3-11.</b> Subestaciones eléctricas: aislamiento aire y SF <sub>6</sub> . . . . .                            | 114 |
| <b>3-12.</b> Centro de control REE . . . . .   | 116 |
| <b>3-13.</b> Energía Eléctrica generada en Colombia 2011 . . . . .   | 118 |
| <b>3-14.</b> Sistema Interconectado Nacional. Colombia . . . . .   | 119 |
| <b>3-15.</b> Proyección demanda energía a 2031 . . . . .   | 120 |
| <b>3-16.</b> Proyección demanda potencia 2031 . . . . .  | 120 |
| <b>3-17.</b> Estructura Sector Eléctrico Colombiano . . . . .  | 123 |
| <br>   |     |
| <b>5-1.</b> Metodologías más usadas en Colombia . . . . .  | 153 |
| <b>5-2.</b> Licencias por sector, 1993-2011 (total: 2142) . . . . .  | 156 |
| <br>   |     |
| <b>6-1.</b> Representación de Signo . . . . .  | 171 |
| <b>6-2.</b> Representación de Intensidad IN . . . . .  | 172 |
| <b>6-3.</b> Representación de Extensión Ex . . . . .   | 173 |

---

|   |     |
|---|-----|
| <b>6-4.</b> Representación de Momento Mo . . . . .            | 174 |
| <b>6-5.</b> Representación de Reversibilidad RV . . . . .     | 175 |
| <b>6-6.</b> Representación de Recuperabilidad MC . . . . .    | 176 |
| <b>6-7.</b> Representación de Sinergia SI . . . . .           | 177 |
| <b>6-8.</b> Representación de Acumulación AC . . . . .        | 178 |
| <b>6-9.</b> Representación de Efecto EF . . . . .             | 179 |
| <b>6-10.</b> Ejemplos Diagrama de redes de impactos . . . . . | 179 |
| <b>6-11.</b> Representación de Persistencia Pe . . . . .      | 180 |
| <b>6-12.</b> Representación de Periodicidad PR . . . . .      | 180 |

# Lista de Tablas

|   |     |
|---|-----|
| 1-1. Antecedentes EIA: Hechos Relevantes . . . . .  | 12  |
| 1-2. Aplicaciones según Método EIA . . . . .  | 18  |
| 1-3. Clasificación de distintos modelos de clasificación de impactos . . . . .                | 25  |
| 1-4. Componentes de la Calificación Ambiental. Metodología EPM. . . . .                       | 33  |
| 1-5. Componentes Importancia del Impacto. Metodología Cualitativa . . . . .                   | 39  |
| 2-1. Desarrollo histórico legislación en Colombia . . . . .                                   | 47  |
| 2-2. Términos de Referencia para Estudios de Impacto Ambiental en Colombia . . . . .          | 54  |
| 2-3. Términos de Referencia sector eléctrico . . . . .  | 55  |
| 2-4. Comparación guías ambientales . . . . .  | 68  |
| 2-5. Resumen Marco Legal Ambiental y EIA en África SADC . . . . .                             | 87  |
| 3-1. Comparación de emisiones GEI (g-CO <sub>2</sub> /kWh) de generación térmica . . . . .    | 105 |
| 3-2. Comparación de emisiones GEI (g-CO <sub>2</sub> /kWh) de fuentes de generación . . . . . | 105 |
| 3-3. Capacidad efectiva neta del SIN a diciembre 31 de 2011 . . . . .                         | 117 |
| 3-4. Líneas de transmisión del SIN 2011 . . . . .   | 118 |
| 4-1. Impactos Ambientales genéricos sector eléctrico . . . . .                                | 129 |
| 4-2. Impactos Ambientales Centrales Térmicas . . . . .  | 133 |
| 4-3. Impactos Ambientales Centrales Hidroeléctricas . . . . .                                 | 136 |
| 4-4. Impactos Ambientales Parques Eólicos . . . . .   | 138 |
| 4-5. Impactos Ambientales Líneas de Transmisión . . . . .                                     | 140 |
| 4-6. Impactos Ambientales Redes de Distribución . . . . .                                     | 142 |
| 4-7. Impactos Ambientales Subestaciones . . . . .   | 144 |
| 4-8. Impactos Ambientales Paneles Solares . . . . .   | 144 |
| 4-9. Impactos Ambientales Consumidores . . . . .  | 145 |
| 5-1. Evaluación Sistema EIA Colombia (2010) . . . . .   | 150 |
| 5-2. Estudios de Impacto Ambiental Sector Eléctrico . . . . .                                 | 151 |
| 5-3. Análisis EsIA Colombia 2010 . . . . .  | 153 |
| 5-4. Diagnóstico EIA - sector eléctrico Colombia . . . . .                                    | 157 |
| 5-5. Analogía de los componentes EsIA (Colombia) y Metodología Cualitativa . . . . .          | 168 |
| 6-1. Comparación criterios sugeridos en Colombia y Metodología Cualitativa . . . . .          | 181 |
| 6-2. Criterios para evaluar impactos de centrales térmicas . . . . .                          | 182 |
| 6-3. Criterios para evaluar impactos de centrales hidroeléctricas . . . . .                   | 183 |
| 6-4. Criterios para evaluar impactos de líneas de transmisión . . . . .                       | 184 |
| 6-5. Criterios para evaluar impactos de parques eólicos . . . . .                             | 185 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>6-6.</b> Selección criterios para propuesta metodológica . . . . .   | 187 |
| <b>6-7.</b> Propuesta de valoración cualitativa EIA sector Eléctrico . . . . .  | 189 |
| <b>6-8.</b> Identificación de Impactos central GECELCA3 . . . . .   | 191 |
| <b>6-9.</b> Valoración impactos ambientales, actividad Generación de Energía. GECELCA3  | 192 |
| <b>6-10.</b> Comparación valoración impactos construcción SIEPAC-Panamá . . . . .   | 193 |
| <b>6-11.</b> Comparación valoración impactos operación SIEPAC-Panamá . . . . .  | 194 |
| <b>6-12.</b> Comparación valoración impactos construcción CHAGLLA . . . . .   | 195 |
| <b>6-13.</b> Comparación valoración impactos operación y abandono CHAGLLA . . . . .   | 196 |
| <b>6-14.</b> Impactos analizados . . . . .  | 197 |
| <b>6-15.</b> Comparación clasificación impactos metodología Cualitativa y propuesta . .   | 198 |
|   |     |
| <b>B-2.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Contratación de mano de obra y movili-<br>zación personal - Adecuación de vías de acceso - Instalación de campamentos  | 210 |
| <b>B-1.</b> Identificación de Impactos central GECELCA3 . . . . .   | 211 |
| <b>B-3.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Abastecimiento de agua, energía y com-<br>bustibles - Operación de campamentos - Movilización de equipos y maquinaria  | 212 |
| <b>B-4.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Limpieza y descapote - Nivelaciones y<br>relleno - Adquisición y transporte de materiales de construcción . . . . .  | 213 |
| <b>B-5.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Excavaciones, cimentaciones y fundacio-<br>nes - Construcción de estructuras en concreto, vías internas y obras civiles -<br>Montaje electromecánico . . . . .             | 214 |
| <b>B-6.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Limpieza y descapote bocatoma y conduc-<br>ción de agua - Construcción bocatoma y conducción de agua . . . . .   | 215 |
| <b>B-7.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Disposición de estériles y escombros - Prue-<br>bas y puesta en marcha - Acopio y almacenamiento de carbón - Acopio y<br>almacenamiento de combustibles líquidos . . . . . | 216 |
| <b>B-8.</b> GECELCA 3. Valoración impactos Uso y disposición de aguas - Generación<br>de Energía - Manejo y disposición de ceniza y otros subproductos . . . . .  | 217 |
| <b>B-9.</b> GECELCA 3. Valoración impactos de Desmantelamiento de la central - Ma-<br>nejo y disposición de residuos - Manejo y disposición de residuos . . . . .   | 218 |
| <b>B-10</b> GECELCA 3. Valoración impactos Contratación de mano de obra y movili-<br>zación personal - Adecuación de vías de acceso - Instalación de campamentos  | 219 |
|   |     |
| <b>C-1.</b> Identificación de Impactos SIEPAC-Panamá Construcción . . . . .   | 222 |
| <b>C-2.</b> Identificación de Impactos SIEPAC-Panamá Operación . . . . .  | 223 |
| <b>C-3.</b> Comparación valoración impactos construcción SIEPAC-Panamá . . . . .  | 224 |
| <b>C-4.</b> Comparación valoración impactos operación SIEPAC-Panamá . . . . .   | 225 |
|   |     |
| <b>D-1.</b> Identificación impactos ambientales por actividades Construcción CHAGLLA  | 228 |
| <b>D-2.</b> Identificación impactos ambientales por actividades Operación y abandono .  | 229 |
| <b>D-3.</b> Comparación valoración impactos construcción CHAGLLA . . . . .  | 230 |
| <b>D-4.</b> Comparación valoración impactos operación y abandono CHAGLLA . . . . .  | 231 |
|   |     |
| <b>E-1.</b> Proyectos expansión de generación . . . . .   | 233 |
| <b>E-2.</b> Proyectos expansión de transmisión . . . . .  | 233 |

# Introducción

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una herramienta que tiene como objetivo identificar, predecir, interpretar-valorar, prevenir o corregir y comunicar, el efecto de un proyecto sobre el medio ambiente [59]. En la legislación de cada país se establece su estructura y requerimientos básicos, definiendo los proyectos que están sometidos a realizar una EIA para obtener una licencia (permiso) ambiental. La legislación se compone de guías ambientales, términos de referencia, metodologías de presentación, manuales de evaluación, entre otros, que soportan el desarrollo del proceso EIA.

Por otra parte, los proyectos del sector eléctrico con determinadas características (límites de potencia, tensión y longitud) están sujetos a realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA, que se compone entre otros de una EIA) antes de los proyectos para recibir el permiso de iniciar las actividades. Sin embargo, no existe una metodología obligatoria para desarrollar la EIA de los proyectos eléctricos. La decisión se deja en el grupo de trabajo que realiza el EsIA. Es por lo anterior que se hace necesario revisar el estado actual de la EIA para los proyectos de infraestructura eléctrica en Colombia, estudiando su base legal, comparándola con otros países, estudiando los impactos potenciales y sus particularidades; para finalmente, realizar una propuesta de mejora a la metodología de EIA.

El objetivo de este trabajo es evaluar el estado actual de la EIA para el sector eléctrico colombiano y formular una propuesta para su mejoramiento. Para lograrlo se definen algunas tareas que soporten la propuesta. La primera tarea es el estudio de la EIA y de sus metodologías. La segunda tarea es comparar la legislación colombiana de EIA respecto de proyectos eléctricos con otros países. En un aspecto más técnico, la tercera tarea es estudiar el sistema de potencia eléctrico y analizar sus impactos ambientales asociados. Para enfocar el trabajo, la cuarta tarea es identificar antecedentes y realizar un diagnóstico de la EIA para el sector eléctrico en Colombia. De acuerdo a las tareas anteriores, se selecciona una metodología existente para optimizarla. Finalmente, con toda la información anterior como base, se formula una propuesta de metodología de EIA para el sector eléctrico en Colombia.

Después de la revisión de la historia, legislación nacional e internacional y aplicación de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del sector eléctrico, se determina que es más óptimo estandarizar el proceso a crear muchas variantes y ramificaciones, que finalmente terminarán en una disminución de la eficiencia del proceso a nivel global. Si bien todos los proyectos son diferentes, generan impactos diversos y se desarrollan en ambientes diferentes, el proceso de EIA debe ser integral y funcional a nivel de país, es decir, creando una fortaleza mas no una especialización desarticulada. Las particularidades de cada proyecto deben ser analizadas y revisadas por expertos objetivos, asegurando la rigurosidad y pertinencia de los resultados.

Este trabajo se compone de siete capítulos. En el Capítulo 1 se estudia la teoría básica de la EIA así como sus metodologías más comunes. En el Capítulo 2 se revisa la legislación colombiana respecto de la EIA y el sector eléctrico, así como la situación en otros países (especialmente en Suramérica). En el Capítulo 3 se estudia el sistema de potencia eléctrico y sus principales componentes. En el Capítulo 4 se analizan varios documentos (guías ambientales, estudios de impactos, artículos, entre otros), para determinar los impactos ambientales típicos de los proyectos de infraestructura eléctrica. En el Capítulo 5 se revisan los antecedentes (legales, técnicos, criterios, experiencia), se realiza el diagnóstico de la Evaluación de Impacto Ambiental para el sector eléctrico en Colombia y se selecciona una metodología como base para realizar una propuesta de mejora. En el Capítulo 6 se desarrolla y explica la propuesta de mejora, con una aplicación práctica. Finalmente, en el Capítulo 7 se reúnen las conclusiones y recomendaciones que surgieron en el desarrollo del trabajo.

# 1. Evaluación de Impacto Ambiental

## 1.1. Introducción

El objeto de estudio de este trabajo es la **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)** y su aplicación en proyectos de infraestructura eléctrica. Se requiere por lo tanto, una revisión conceptual sobre el tema de la EIA. Al ser un proceso/metodología/legislación, dentro de la literatura se encuentran diversas fuentes bibliográficas como libros, tesis, artículos, estudios ambientales de proyectos, leyes, reportes, entre otros, acerca de la EIA. De acuerdo con una revisión de estas fuentes, en este capítulo se definen los conceptos generales que se utilizarán en el documento. Se exponen también otros elementos de la EIA como los son sus objetivos, principios y estructura. Debido al carácter legislativo de la EIA, se realiza una revisión básica de su desarrollo histórico internacional. Con todo lo anterior se pretende construir una base conceptual sólida sobre el tema, para afrontar los siguientes capítulos con un marco teórico adecuado.

Una vez construida la base conceptual de la EIA, se revisa la parte metodológica. Para tener un panorama amplio, dos clasificaciones de metodologías de EIA son estudiadas: Clasificación de Canter y Sadler y Clasificación de Vicente Conesa. Se encuentran múltiples tipos de metodologías para desarrollar la EIA, con diferentes alcances y objetivos. Para conocer más a fondo la EIA, se requiere estudiar su manera de empleo, de tal forma que se seleccionan algunas metodologías y se estudian, sirviendo de base para el desarrollo del trabajo.

Finalmente, después de conocer más a fondo el proceso de la EIA, se realiza un análisis de cómo la información discutida en este capítulo, tiene relación con el objetivo principal del trabajo: evaluar el estado actual de la EIA para el sector eléctrico colombiano y formular una propuesta para su mejoramiento

## 1.2. Evaluación de Impacto Ambiental

En esta sección se exponen los conceptos que se van a usar a lo largo del documento. No existe una definición única y universal para los conceptos referentes a la EIA. Por lo tanto, se enumeran varias definiciones para tener una visión más integral y completa del mismo concepto. De la misma forma, los objetivos y principios de la EIA tienen múltiples visiones y enfoques. Sin embargo, para los propósitos de este trabajo se exponen los más adecuados de acuerdo a los objetivos del trabajo. La EIA es un proceso, por lo cual se emplea un diagrama de flujo para mostrar su estructura general. Finalmente, de manera complementaria, se enumeran algunos hitos de la EIA a nivel internacional, como medio para ver cómo ha sido

su evolución, especialmente en el ámbito legislativo.

### 1.2.1. Ambiente

Para el concepto de *Ambiente* o *Medio Ambiente* hay distintas definiciones. Cada autor tiene una perspectiva y entorno diferente, moldeando así la definición. Una definición completa e integral es la de Gómez Orea [98], donde:

Medio Ambiente, MA, es el entorno vital: el sistema constituido por los elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando la forma, el carácter, el comportamiento y la supervivencia de ambos.

Según Kumar[123]:

Medio Ambiente significa todo lo que nos rodea. El medio ambiente está definido como la suma total de todas las condiciones e influencias que afectan el desarrollo de la vida de todos los organismos de la tierra. Los cuales varían desde los microorganismos como las bacterias, fungi, etc, hasta los más grandes como el hombre. Cada organismo tiene su propio ambiente.

Según la RAE[162]:

**Medio:** elemento en el que vive o se mueve una persona, animal o cosa.

**Ambiente:** Conjunto de circunstancias culturales, económicas y sociales en que vive una persona o un grupo humano.

El medio ambiente tiene aspectos multidimensionales, la percepción varía de persona a persona. Para algunos, es el paisaje; para otros, son los recursos naturales o los bosques [123]. Ante la diversidad de conceptos respecto al medio ambiente, este trabajo usará la definición de Gómez Orea.

### 1.2.2. Impacto Ambiental

El concepto de Impacto Ambiental ha evolucionado a lo largo del tiempo [27]. Por ejemplo, la definición de Clark (1978, [37]) es:

Una alteración medio ambiental que afecta la satisfacción de las necesidades de vida.

Conesa, en su Guía Metodológica para la EIA [59] desarrolla una sección sobre la tipología de los impactos, definiendo el concepto de impacto por categorías. Según Conesa[59]:

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción consecuencia de un proyecto o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio.



En el contexto colombiano, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en el Decreto 2820 de 2010[51]:

Cualquier alteración en el sistema ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Según la RAE[162] el impacto ambiental es:

Conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades.

En la Figura 1-1 se muestra una representación gráfica de como una actividad de un proyecto afecta negativamente la Calidad Ambiental (CA)<sup>1</sup> de un factor del medio ambiente, en el transcurso del tiempo. Es importante aclarar que cada impacto tiene un desarrollo distinto; es decir, una manifestación diferente.

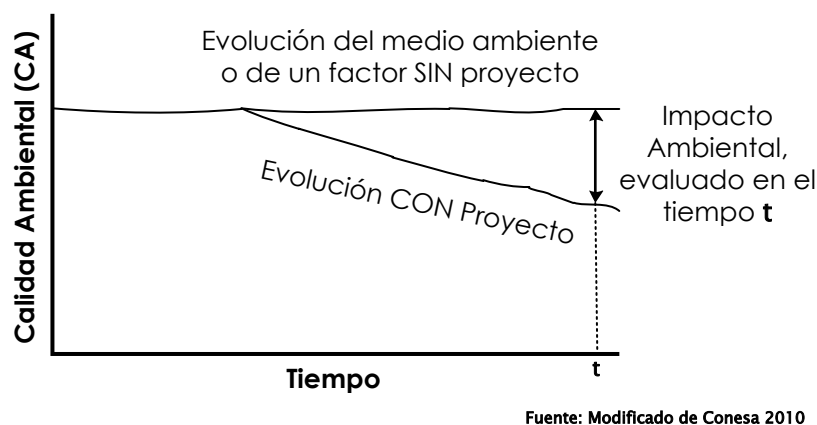


Figura 1-1.: Impacto Ambiental

### 1.2.3. Evaluación de Impacto Ambiental

Los primeros conceptos sobre la Evaluación de Impacto Ambiental -EIA- aparecieron hace más de cuarenta años. Desde ese entonces varios autores han realizado diversos aportes en todos los aspectos, dependiendo de su campo de acción. A través del tiempo el concepto ha cambiado de acuerdo a las circunstancias y al enfoque del autor. Sin embargo, se puede llegar a un concepto general, que apoyado en sus principios y objetivos, forma un concepto sólido y universal.

La definición de la EIA de la International Association for Impact Assessment (IAIA), una organización con más de 30 años de existencia que busca optimizar el proceso de EIA, es:

<sup>1</sup>Definición de Calidad Ambiental CA en la página 152

La Evaluación de Impacto Ambiental es el proceso de identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos biofísicos, sociales y otros impactos relevantes ocasionados por propuestas de desarrollo previa la toma de decisiones mayores y la realización de compromisos.[104]

La mayoría de las definiciones de autores u organizaciones son similares a la de la IAIA. A continuación algunas definiciones seleccionadas:

Según Conesa[59]: La EIA, es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas competentes.

Según Gómez Orea[98]: En general, la EIA es un proceso de análisis, más o menos largo y complejo, encaminado a que los agentes implicados formen un juicio previo, lo más objetivo posible, sobre los efectos ambientales de una acción humana prevista (a la que se denomina proyecto) y sobre la posibilidad de evitarlos, reducirlos a niveles aceptables o compensarlos

Según Glasson et al. [95]: EIA es un proceso, sistemático que examina las consecuencias ambientales del desarrollo de acciones, de manera previa.

Según Toro[184]: La EIA se constituye en un sistema de procedimientos de análisis y estimación de los impactos generados en la interacción de las actividades antrópicas y el ambiente, con el objetivo de tomar decisiones sobre el proyecto, obra o actividad.

A partir del estudio de las definiciones de la EIA, se realiza una definición propia de acuerdo con el objetivo del trabajo y el contexto nacional:

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso para identificar, valorar, prevenir y comunicar los impactos sobre el medio ambiente que serían causados por la ejecución de un proyecto.

#### **1.2.4. Estudio de de Impacto Ambiental**

Según Conesa [59]:

Es el estudio técnico, de carácter interdisciplinar, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es el documento técnico que debe presentar el titular del proyecto, y sobre la base del que se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Pronunciamiento de la autoridad competente en el que se determina la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada (España,[59])

Según Gilpin [93]:

El EIS<sup>3</sup>, dependiendo del país, es un documento, preparado por un proponente, describiendo el desarrollo o actividad (o plan o programa) propuesto y comunicando los efectos posibles, probables o esperados de la propuesta sobre el medio ambiente.

En el contexto colombiano, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en el Decreto 2820 de 2010[51]:

El Estudio de Impacto Ambiental es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que de acuerdo con la ley y el presente reglamento se requiera.

Es muy importante aclarar que en Colombia, la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es una parte del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA). En la Sección 2.2.4 se encuentran la estructura del documento según la legislación actual.

### 1.2.5. Infraestructura Eléctrica

No es fácil encontrar una definición única de *infraestructura*. De acuerdo al sector u objetivo, el concepto es muy específico o alejado del área de interés de este trabajo. Para la International Electrotechnical Commission (IEC), infraestructura es[108]:

Los edificios, plantas y personas que diseñan, manufacturan, operan y soportan un producto

La definición de infraestructura del diccionario Oxford [65] es:

Los elementos básicos (p.e. edificios, caminos y fuentes de energía) necesarios para la operación de una sociedad o empresa.

Una definición de la IEC más específica para la infraestructura eléctrica es[106]:

Estructura mecánica para albergar y soportar los sistemas electrónicos y electromecánicos

Se conforma la definición de *Infraestructura Eléctrica* como:

Los elementos físicos necesarios para la operación del sistema eléctrico. Los equipos y activos por los cuales la energía eléctrica atraviesa desde su generación, pasando por la transmisión y/o distribución, hasta llegar al consumidor final.

---

<sup>3</sup>EIS: Environmental Impact Statement - Estudio de Impacto Ambiental

### 1.2.6. Objetivos

No existe una lista de objetivos única y definitiva para la EIA. En general, cada legislación nacional determina los objetivos básicos que buscan al establecer un sistema de EIA. De acuerdo con una comparación de los sistemas de EIA de algunos países (especialmente de Suramérica, ver Sección 2.3) y otros comentarios en reportes y estudios (Conesa los usa textualmente), una compilación adecuada de los objetivos es la realizada por la IAIA<sup>4</sup>. Los objetivos de la EIA son[104]:

- Asegurar que las consideraciones ambientales sean explícitamente expresadas e incorporadas en el proceso de toma de decisiones del desarrollo
- Anticipar y evitar, minimizar o compensar los efectos adversos significativos biofísicos, sociales y otros impactos relevantes de las propuestas de desarrollo
- Proteger la productividad y capacidad de los sistemas naturales y de los procesos ecológicos que mantienen sus funciones
- Promover el desarrollo sustentable que optimiza el uso de recursos y la administración de oportunidades

Estos objetivos se pueden complementar con los siguientes:

- Realizar una evaluación integral con criterios adecuados, sin dar opción a ambigüedades
- Tener la objetividad necesaria para dar veredictos sobre los proyectos evaluados, sin dar lugar a modificaciones por influencias externas
- Mejorar el componente ambiental en el diseño de proyectos

### 1.2.7. Principios

Existen algunas agrupaciones de principios de la EIA ([147], [59], [190]). Sin embargo, como asociación mundial respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, la IAIA determinó los principios de la EIA en una reunión de expertos. Los principios básicos son[104]:

**Tener un propósito** El proceso debe informar la decisión tomada y el resultado en niveles apropiados de protección ambiental y de bienestar de la comunidad.

**Ser rigurosa** El proceso debe aplicar la “mejor ciencia posible”, empleando metodologías y técnicas apropiadas para señalar los problemas que se investigan.

**Ser útil** El proceso debe resultar en información y productos que ayuden a la resolución de problemas y son aceptables y factibles de ser llevados a cabo por los proponentes.

**Ser relevante** El proceso debe proveer información suficiente, confiable y utilizable en la planificación del desarrollo y en la toma de decisiones.

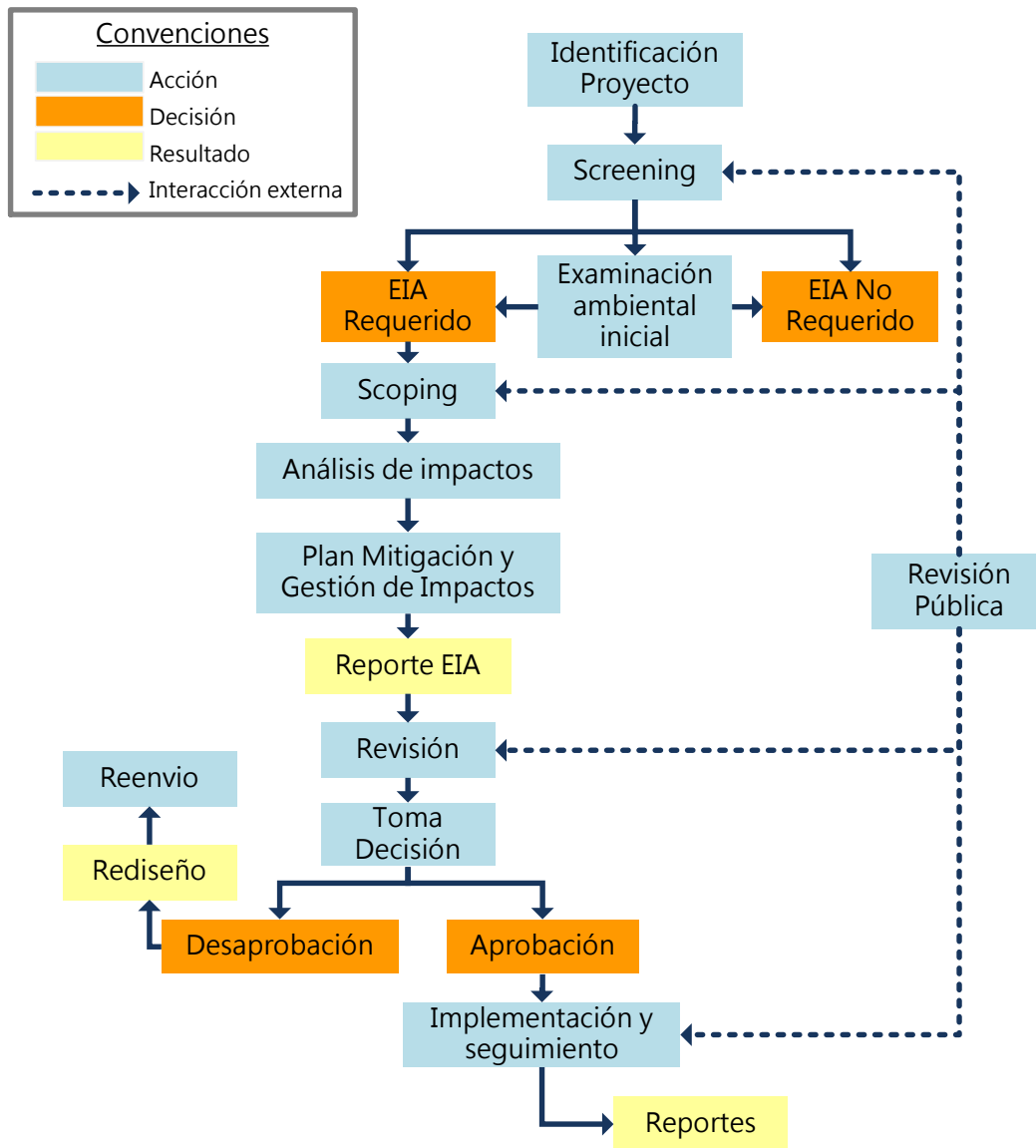
---

<sup>4</sup>Fundada en 1980 con más de 1600 miembros de 120 países.

- 
- Ser costo-efectiva** El proceso debe lograr los objetivos de la EIA dentro de los límites de información, tiempo, recursos y metodología disponibles.
- Ser eficiente** El proceso debe imponer los mínimos obstáculos de costo en términos de tiempo y financiamiento para los proponentes y participantes y ser congruente en alcanzar los requerimientos y objetivos aceptados para la EIA.
- Ser focalizada** El proceso debe concentrarse en los efectos ambientales significativos y en los resultados clave, por ejemplo: los tópicos que deben ser tomados en cuenta al tomar decisiones.
- Ser adaptable** El proceso debe ser ajustado a las realidades, resultados y circunstancias de las propuestas revisadas, sin comprometer la integridad del proceso mismo y ser iterativo, incorporando las lecciones aprendidas a través del ciclo de vida de la propuesta.
- Ser participativa** El proceso debe proveer oportunidades adecuadas para informar e involucrar al público interesado y afectado y sus aportaciones y preocupaciones deben ser señaladas explícitamente en la documentación y en la toma de decisiones.
- Ser interdisciplinaria** El proceso debe asegurar que sean empleadas las técnicas apropiadas y que se incluyan expertos en disciplinas biofísicas y socioeconómicas, incluyendo el uso del relevante conocimiento tradicional.
- Ser verosímil** El proceso debe ser llevado a cabo con profesionalismo, rigor, honestidad, objetividad, imparcialidad y equilibrio y ser sujeto a comprobaciones y verificaciones independientes.
- Ser integral** El proceso debe señalar las interrelaciones entre los aspectos sociales, económicos y biofísicos.
- Ser transparente** El proceso debe ser claro y los requerimientos del contenido de la EIA ser fácilmente comprensibles; asegurar el acceso público a la información; identificar los factores que serán considerados en la toma de decisiones y reconocer las limitaciones y dificultades.
- Ser sistemática** El proceso debe considerar en su totalidad toda la información relevante del ambiente afectado, las alternativas propuestas y sus impactos, así como las medidas necesarias para supervisar e investigar los efectos residuales.

### 1.2.8. Estructura General

Cada país tiene su propia legislación y estructura de sistema de EIA. Cada país cuenta con particularidades en el proceso, desde que un proyecto se empieza a vislumbrar, hasta que obtiene una licencia o permiso para funcionar de acuerdo a criterios ambientales. Sin embargo, el proceso muestra similitudes relevantes. En la Figura 1-2 se observa la estructura general de la EIA, según la UNEP2002 [190].



Fuente:Modificado de UNEP2002

Figura 1-2.: Estructura general de la EIA

**Identificación del Proyecto** Se realiza una descripción del proyecto o alternativa, resaltando sus principales propiedades. Es un resumen del proyecto.

**Screening** Se decide si el proyecto debe tener una Evaluación de Impacto Ambiental o no. De ser afirmativo, se define el nivel de detalle.

**Examinación Ambiental Inicial** En algunas ocasiones el paso anterior no es suficiente, así que se realiza una evaluación básica y rápida para determinar si se requiere o no una EIA.

**Scoping** Se identifican los ítems o parámetros más relevantes de la EIA a realizar. Se preparan los Términos de Referencia.

**Análisis de impactos** Se identifican y predicen los posibles impactos (positivos y negativos) asociados al proyecto. En este punto es donde se utiliza una metodología de EIA especial.

**Plan de Mitigación y Gestión de Impactos** Se desarrolla un plan para mitigar los impactos negativos. Así mismo, se establece un sistema de indicadores para la gestión de los impactos.

**Reporte EIA** Se documentan todas las acciones anteriores.

**Revisión** Se revisa el documento por parte de todas las partes interesadas y/o relativas.

**Toma Decisión** La entidad encargada toma la decisión de aceptar o no el resultado del EIA. En algunos casos, como en Colombia, se asocia a la aprobación o no de otorgar la Licencia Ambiental (Sección 2.2.3).

**Implementación y Seguimiento** A medida que se desarrolla el proyecto, e incluso después de terminado, se lleva a cabo el Plan de Mitigación y Gestión de Impactos. Se realiza el seguimiento indicado para verificar que se cumplan los indicadores diseñados.

**Reportes** En plazos programados, se presentan reportes de los indicadores, así como de hitos especificados en el Plan de Mitigación y Gestión.

**Revisión Pública** Se refiere a la participación del público en general en ciertas partes del proceso de EIA. No necesariamente se reduce a las acciones ilustradas. El público presenta sus comentarios, los cuales pueden ser incluidos en el Reporte EIA final.

**Rediseño** Debido a fallas en su realización, el Reporte EIA puede no ser aceptado. Algunas causas son: Falta de objetividad, incertidumbres elevadas, criterios equivocados, Plan de Mitigación y Gestión poco efectivo. En algunas ocasiones se da otra oportunidad para realizar el EIA.

**Reenvío** De acuerdo a los comentarios se vuelve a realizar el proceso de EIA. El nuevo Reporte EIA se pone bajo revisión.

### 1.2.9. Desarrollo histórico

A continuación se presenta un breve resumen de algunos hechos relevantes a nivel internacional con referencia a la EIA. Se observa que los sistemas de EIA se expandieron a nivel mundial de manera progresiva. Desde su origen en los años 70s en Estados Unidos, los países desarrollados son los que han ido diseñando su sistema de EIA. Actualmente casi todos los países cuentan con una marco legislativo de EIA, o en su defecto, tienen un proyecto de ley para implementar su propio sistema de EIA.

**Tabla 1-1.:** Antecedentes EIA: Hechos Relevantes

| Año  | País           | Hecho  |
|------|----------------|--|
| 1829 | Colombia       | Simón Bolívar, mediante un decreto establece normas para el racional aprovechamiento y la debida conservación de la riqueza forestal en Colombia “la Grande” [25]. Ver Tabla 2-1.  |
| 1961 | España         | Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (RAMINP)[78]. Se trata de un reglamento para evitar incomodidades, que alteren las condiciones normales de salubridad e higiene del medio ambiente. Todavía se encuentra vigente.   |
| 1962 | Estados Unidos | Se consolidan pensamientos y movimientos ambientalistas. Por ejemplo, Carson, en su libro Silent Spring[32], habla sobre el impacto ambiental.   |
| 1970 | Estados Unidos | La entidad NEPA (National Environmental Policy Act) se propone identificar y desarrollar métodos y procedimientos que aseguren que los valores ambientales en el presente no cuantificados, serán tenidos en cuenta adecuadamente en consideración a la toma de decisiones, conjuntamente con las consideraciones técnicas y económicas. |
| 1970 | Suecia         | Ley de Protección Ambiental. Obliga estudios EIA.  |
| 1972 | Suecia         | Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano en Estocolmo. Europa empieza a elaborar el Primer Programa de Acción Medioambiental para el periodo 1973-1976. (DOC C112, 1973-12-23)   |
| 1973 | Canadá         | Desarrollan un procedimiento para EIA llamado EARP, más completo que la propuesta por la NEPA (EUA).   |
| 1973 | Colombia       | Código de Recursos Naturales. Exigencia de EIA en los proyectos.   |
| 1974 | Nueva Zelanda  | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).   |
| 1974 | Australia      | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).   |
| 1975 | Alemania       | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA). EIA se denomina “Umwelt Vertraglichkeit Prufung (UVP)”. Se actualiza en 1983.   |
| 1976 | Francia        | Ley de Protección de la Naturaleza. Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).   |
| 1976 | Cuba           | Creación de la Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (COMARNA). Deja de funcionar en 1994 para dar paso al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.  |
| 1977 | Europa         | Aprobación del Segundo Programa Comunitario de Medio Ambiente para el periodo 1977-1981. (DOC C139, 1977-06-13)  |
| 1977 | Filipinas      | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).   |

Continúa en la página siguiente



**Tabla 1-1 – continuación**

| <b>Año</b> | <b>País</b>            | <b>Hecho</b>  |
|------------|------------------------|---|
| 1978       | Luxemburgo             | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).  |
| 1978       | México                 | Exigencia de EIA en los proyectos.  |
| 1980       | Bancos Internacionales | Exigen Evaluación de Impacto Ambiental.   |
| 1981       | Holanda                | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).  |
| 1981       | Cuba                   | Aprobación de la Ley 33 de Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales.  |
| 1982       | México                 | Ley Federal de Protección al Ambiente, se exige presentación de EIA.  |
| 1983       | Europa                 | Aprobación del Tercer Programa Comunitario de de Acción Medioambiental para el periodo 1982-1986. (DOC C46, 1983-02-17)                           |
| 1984       | Japón                  | Adoptan una regulación similar a la propuesta por la NEPA (EUA).  |
| 1985       | Europa                 | Comunidad Económica Europea adopta la normativa de la EIA.  |
| 1986       | Europa                 | Aprobación del Cuarto Programa Ambiental de la Comunidad para el periodo 1982-1986. (DOC C328, 1987-12-07)  |
| 1985       | Guatemala              | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1988       | Brasil                 | Exigencia de EIA en los proyectos.  |
| 1990       | Perú                   | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1991       | Túnez                  | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1992       | Venezuela              | Exigencia de EIA en los proyectos.  |
| 1992       | Brasil                 | Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (Rio de Janeiro)  |
| 1992       | Bulgaria               | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1992       | Bolivia                | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1992       | Europa                 | Quinto Programa para el periodo 1992-2000. (DOC C138, 1993-05-17)   |
| 1993       | América                | Paraguay, Chile y Honduras incorporan la EIA en la legislación.   |
| 1994       | América                | Uruguay y Nicaragua incorporan la EIA en la legislación.  |
| 1995       | Rumania                | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1996       | Costa de Marfil        | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1997       | Cuba                   | Ley 81 de Medio Ambiente, de 11 de julio de 1997. Formalización proceso EIA   |
| 1998       | El Salvador            | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 1998       | Panamá                 | Incorporación de la EIA en la legislación.  |
| 2002       | Europa                 | Publicación del Sexto Programa de acciona medioambiental de la Comisión Europea. (DOC L242)   |
| 2003       | Guatemala              | Promulgan reglamento de EIA, seguido de actualizaciones en el año siguiente, por otra parte se inicia la elaboración de un Manual Técnico de EIA. |
| 2004       | Costa Rica             | Se publica un Reglamento Moderno de EIA.  |

Fuente: Elaboración propia

### 1.3. Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental

De acuerdo con la Figura 1-2, el proceso de EIA completo tiene tres etapas. La primera y la tercera son generales en cualquier proceso EIA. La segunda etapa, que empieza en el Scoping y finaliza en el EsIA (reporte), es la que realiza con alguna metodología específica. Desde los inicios de la EIA se han diseñado múltiples metodologías para desarrollar la etapa de identificación y valoración/calificación de impactos. Cada una tiene características especiales que la hacen óptima para determinados proyectos y momentos. Debido a lo anterior, es imposible concluir alguna metodología sea la mejor. Simplemente, dependiendo de las condiciones y requerimientos del proyecto, una metodología tiene más ventajas sobre las demás. En esta sección se estudian los distintos tipos de metodologías que se encuentran disponibles desde los inicios de la EIA, con el objetivo de tener bases y criterios para seleccionar la más óptima para los proyectos de ingeniería eléctrica.

En la Tabla 1-2 se presenta una alineación entre la clasificación de las metodologías de Canter y Sadler y la estructura de la EIA mostrada en la Figura 1-2. Es claro que cada una tiene sus propias fortalezas, dando indicios de que una unión de varias metodologías podría resultar en una metodología más integral. Por otro lado, la Tabla 1-3 es el resumen que Conesa realiza de su clasificación de metodologías. En este determina los puntos fuertes y las desventajas de cada una de las metodologías que tomó en cuenta (en la literatura aparecen otras). Este resumen puede ser una herramienta útil a la hora de realizar una evaluación superficial de las metodologías de EIA.

Para terminar de construir la base conceptual de la EIA, se estudian tres metodologías específicas. Se enumeran las principales características así como sus etapas principales. La selección se realizó con los siguientes criterios:

**Antigüedad** *Matriz de Leopold*. La primera metodología completa diseñada para la EIA. Evaluación preliminar de los impactos de las acciones de un proyecto sobre factores ambientales.

**Nacional y enfocada al sector eléctrico** *Metodología EPM*. Fue desarrollada en Colombia con el objetivo de evaluar proyectos hidroeléctricos. Es de uso común para los EsIA en Colombia e incluso para otros sectores.

**Integral** *Metodología Cualitativa*. Es una metodología tipo AD HOC, es decir que está basada en una o varias metodologías. Tiene un proceso integral y completo para el desarrollo total del EsIA. Tiene una actualización reciente y originalmente esta en español.

### 1.3.1. Clasificación de Canter y Sadler[31]

Canter y Sadler realizaron una clasificación en 1997, agrupándolas en 22 tipos de grupos. Aunque este análisis tiene más de 15 años, es útil para identificar de manera inicial las posibles formas de realizar un proceso de EIA.

#### 1. Análogos

Se basa en la información de proyectos existentes similares anteriores. Se supervisan los impactos de estos proyectos y se usan a manera de analogía en el proyecto propuesto. A pesar que los impactos se predicen con poca información, a medida que el tiempo pasa se recibe más y más información que se puede clasificar por tipo de proyecto. Esto además sirve para crear programas de control a los impactos.

#### 2. Listas de Chequeo

Hay muchas variaciones de las listas de chequeo. Aun así, es la metodología más usada en procesos de EIA. Las listas contienen una serie de ítems, impactos específicos, o preguntas que el encargado del proceso de EIA debe responder como parte del estudio general. Su forma sistemática y simple de uso facilita que sea la metodología más común.

#### 3. Listas de Chequeo centradas en Decisiones

Es un grupo de métodos que comparan alternativas y realizan un análisis de equilibrio. Son útiles para la síntesis de información de estudios de los impacto. Cada alternativa viable es sometida a estudio. McAllister [139] propuso dos fases en los procesos de EIA: análisis de las alternativas y sus impactos para realizar un revisión integral a manera de síntesis.

#### 4. Análisis Costo-beneficio Ambiental (ECBA)

Estos métodos complementan los análisis Costo-beneficio incrementando los tópicos referentes a los recursos ambientales y su valor económico. Su aplicación en la evaluación económica de ciertos impactos específicos de un proyecto propuesto tiene limitaciones considerables. Dado que vienen de otras áreas de aplicación es complicado su integración en EIA, por cual se necesitan otras herramientas para su implementación.

#### 5. Opiniones de expertos

Se usa ampliamente para procesos de EIA. Este método es usado principalmente en impactos ambientales específicos. Se usa la experiencia de los expertos para construir modelos para la predicción de los impactos o para simular procesos ambientales.

#### 6. Sistemas Expertos

Método que consiste en *extraer* el conocimiento de expertos en tópicos particulares. Dicho conocimiento es codificado, mediante una serie de reglas heurísticas, en Sistemas Expertos (software). Son plataformas fáciles de usar. Requieren que el usuario responda una serie de preguntas para realizar un análisis particular.

#### 7. Índices o Indicadores

Se refieren a características o parámetros de recursos ambientales. Su uso consiste

en caracterizar el ambiente bajo estudio, con valores numéricos medibles en diferentes parámetros. Así mismo también se determinan los indicadores para etapas del proyecto posteriores.

#### 8. **Pruebas de Laboratorio y modelos a escala**

Se usan para obtener información cualitativa-cuantitativa de los impactos anticipados de proyectos particulares en ciertos lugares geográficos. Estos métodos no son muy usados debido a su complejidad, aunque son apropiados para ciertos tipos de proyectos.

#### 9. **Evaluación de Paisaje**

Son métodos útiles para una evaluación visual o estética. Se basan en el procesamiento de información derivada de una serie de indicadores y su inclusión en una puntuación global. Esta información también es útil para determinar las condiciones de una línea base. Los impactos potenciales en la parte visual o estética pueden ser estimados comparándolos contra la línea base general.

#### 10. **Revisión Bibliográfica**

Se usan de manera conjunta con los métodos análogos. Sirve para una identificación preliminar de los impactos potenciales, valoraciones específicas y para medidas de mitigación. Cada vez se encuentra más información disponible.

#### 11. **Balance de masa**

Es una comparación entre la condición inicial y los cambios que pueden resultar por un proyecto propuesto. Una forma de expresar el impacto es considerando el cambio porcentual en el balance de masa.

#### 12. **Matrices de interacción**

Grupo de métodos ampliamente usados en procesos de EIA. El uso de matrices es útil para varios tipos de proyecto, debido a su flexibilidad. Se pueden realizar variaciones o “especializaciones” a las matrices de interacción -entre componentes del medio ambiente y las actividades del proyecto- para estudiar situaciones especiales.

#### 13. **Supervisión**

Consiste en mediciones sistemáticas para establecer las condiciones existentes del ambiente bajo estudio. Funciona como una línea base para comparaciones futuras. Algunos parámetros son: aspectos físicos/químicos, biológicos, culturales y socioeconómicos del medio ambiente. La selección de los indicadores apropiados es fundamental y se basa en la disponibilidad de información existente así como del tipo de proyecto y de los impactos anticipados.

#### 14. **Estudios de campo**

Supervisión basada en estudios de campo de proyectos similares.

#### 15. **Redes**

Grupo de métodos que determinan conexiones o relaciones entre las acciones del proyecto y los impactos resultantes. Por ejemplo: árbol de impacto, cadena de impacto,

diagramas causa-efecto o diagramas de consecuencias. Son útiles para mostrar las interacciones de los impactos.

**16. Superposición de mapas**

Método muy usado en los inicios de los procesos de EIA. Se trata de una comparación gráfica del medio ambiente bajo estudio. Evoluciona hacia los sistemas de información geográfica (GIS), en los cuales se puede manejar un mayor número de información y capas con ayuda de un computador.

**17. Fotografías o Fotomontajes**

Útil para identificar los impactos visuales potenciales del proyecto.

**18. Modelo Cualitativo**

Métodos que analizan las relaciones entre las acciones del proyecto y los cambios en componentes ambientales. El fundamento es entender las relaciones principales, como el incremento de algún parámetro ambiental como resultado de una actividad específica. Es una mezcla de algunos métodos básicos, como por ejemplo las Redes y los Expertos.

**19. Modelo Cuantitativo**

Se ingresan datos en un modelo numérico y se obtienen cambios esperados en el medio ambiente. El modelo puede ser simple o muy complejo, dependiendo en la cantidad de datos de entrada requeridos.

**20. Evaluación de Riesgo**

Identifica el riesgo, considera las relaciones dosis-respuesta, evaluación de la exposición y de los riesgos asociados. Se aplica para factores ecológicos y humanos.

**21. Escenarios**

Considera diferentes alternativas de futuro, como resultado de diferentes suposiciones iniciales. Es útil como medida de planeación y de comparación de alternativas.

**22. Tendencias**

Utiliza tendencias históricas y las extrapola al futuro con suposiciones adecuadas. Útil especialmente para establecer condiciones futuras sin proyecto.

En la Tabla **1-2** se presenta la aplicabilidad de los métodos para distintas actividades típicas. Se observa que los métodos que incluyen matrices son los que más aplicaciones tienen en el proceso de EIA.

Tabla 1-2.: Aplicaciones según Método EIA

| Categoría                                | Scoping | Identificación de impacto | Descripción ambiente afectado | Predicción de impacto | Evaluación de impacto | Decisiones | Comunicación resultados |
|--|---------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
| Análogos                                 | •       | •                         |                               | •                     | •                     |            |                         |
| Lista de Chequeo                         |         | •                         | •                             |                       |                       |            | •                       |
| Lista de Chequeo centradas en decisiones |         |                           |                               |                       | •                     | •          | •                       |
| ECBA                                     |         |                           |                               | •                     | •                     | •          |                         |
| Opinión Expertos                         |         | •                         |                               | •                     | •                     |            |                         |
| Sistemas Expertos                        | •       | •                         | •                             | •                     | •                     | •          |                         |
| Indicadores                              | •       |                           | •                             | •                     | •                     |            | •                       |
| Laboratorios y modelos                   |         | •                         |                               | •                     |                       |            |                         |
| Evaluación de paisaje                    |         |                           | •                             | •                     | •                     |            |                         |
| Revisión Bibliográfica                   |         | •                         |                               | •                     | •                     |            |                         |
| Balance de masa                          |         |                           |                               | •                     | •                     |            | •                       |
| Matrices                                 | •       | •                         |                               | •                     | •                     | •          | •                       |
| Supervisión                              |         | •                         |                               | •                     |                       |            |                         |
| Estudios de Campo                        |         |                           |                               | •                     | •                     |            |                         |
| Redes                                    |         | •                         | •                             | •                     |                       |            |                         |
| Superposición                            |         |                           | •                             | •                     | •                     |            | •                       |
| Fotomontajes                             |         |                           | •                             | •                     |                       |            | •                       |
| Modelos Cualitativos                     |         |                           | •                             | •                     |                       |            |                         |
| Modelos Cuantitativos                    |         |                           | •                             | •                     |                       |            |                         |
| Evaluación de Riesgo                     |         | •                         | •                             | •                     | •                     |            |                         |
| Escenarios                               |         |                           |                               | •                     |                       | •          |                         |
| Tendencias                               |         |                           | •                             | •                     |                       |            |                         |

Fuente: Canter y Sadler 1997

### 1.3.2. Clasificación de metodologías de V. Conesa

Existen numerosas metodologías desarrolladas para identificar y valorar impactos ambientales. La complejidad de cada una depende de los tipos de proyectos para los cuales fueron diseñados. “La clasificación de los métodos más usuales responde al esquema de Estevan Bolea, 1984, ampliado con el de Carter y Sadler, 1997, y sistematizado por Conesa, [59] ”. La siguiente lista de clasificación, con detalles de cada ítem, se encuentra en Conesa 2010.

- Matrices causa-efecto
  - Leopold
  - Clark
  - CNYRPAB<sup>5</sup>
  - Moore
  - Bereano
  - Guías metodológicas del M.O.P.U<sup>6</sup>
  - Banco Mundial
  - Otras (IIASA<sup>7</sup>, Canter, ESCAP<sup>8</sup>, Lohani y Halim, Espinoza y Richards, etc.)
- Lista de chequeo
  - Simples
  - Descriptivas
  - Escala simple
  - Escala ponderada
- Sistemas de interacciones o redes
  - Sonrensen
  - Redes ampliadas
- Sistemas cartográficos
  - Superposición de transparentes
  - Mc Harg
  - Tricart
  - Falque
- Análisis de sistemas

---

<sup>5</sup>CNYRPAB: Central New York Regional Planning and Development Board

<sup>6</sup>MOPU: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (España)

<sup>7</sup>IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis

<sup>8</sup>ESCAP: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific

- Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación
  - Holmes
  - Universidad de Georgia
  - Hill-Schecter
  - Fisher-Davies
  - Índice global
- Métodos cuantitativos
  - Batelle-Columbus
- Métodos de simulación
- Métodos “ad hoc”
  - María Teresa Estevan Bolea
  - Domingo Gómez Orea
  - Vicente Conesa Fernández-Vítora

A continuación, una breve descripción de cada grupo de métodos.[59]

**Matrices causa-efecto** Son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto. Generalmente sus pasos son: definición de acciones del proyecto (por fase), identificación factores ambientales, revisión de los ítems por expertos, establecimiento de diseño de clasificación y valoración de impactos (números, letras, colores, cualidades, etc.), asignación de valores a cada interacción de la matriz por parte de un equipo de expertos, exposición descriptiva de los impactos y de los resultados globales. Los tipos principales de matriz causa-efecto son:

**Matriz de Leopold** Tiene una importancia especial por ser la primera metodología, su estudio más detallado en la Sección 1.3.3

**Matriz de Clark** Evaluación cualitativa entre acciones del proyecto y factores ambientales usando seis parámetros: Naturaleza ( $\pm$ ), Extensión, Manifestación ( $t$ ), Periodicidad, Relación causa-efecto y recuperación.

**Método del CNYRPAB** Mediante dos matrices se determinan los impactos indirectos, analizando los impactos directos identificados y valorados en la primera etapa con la primera matriz.

**Método de Moore** Método sencillo que califica la interacción entre acciones y factores ambientales en criterios de magnitud (3 Alto, 1 leve, 0 no significativo)

**Método Bereano** Comparación de alternativas mediante matrices, determinando una línea base inicialmente.



**Guías Metodológicas del MOPU** Antiguo Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, ahora Ministerio de Fomento de España. Guías para casos específicos (carreteras, grandes presas, aeropuertos, entre otros). Su fortaleza radica en una sólida descripción de las condiciones iniciales. Realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa, luego una relación de medidas preventivas y correctoras, impactos residuales y un programa de vigilancia y control.

**Listas de chequeo** Método de identificación simple. Se hace énfasis en los impactos de mayor magnitud. Existen varios tipos de listas según el grado de detalle, tipo de proyecto, baremo, entre otros. Las listas de chequeo son muy simples para el nivel de detalle que requiere un EsIA, por que son útiles en evaluaciones preliminares. Los tipos principales de listas de chequeo son:

**Simples** En una tabla se enumeran las acciones del proyecto. En las columnas adyacentes, se determina para cada acción, si genera un impacto, si no genera impacto o si posiblemente lo genere (SI, NO, POSIBLE). Aparte, se deben detallar los impactos en las actividades marcadas con SI o POSIBLE.

**Descriptivas** Se basa en la lista simple, incluyendo: componente ambiental, tipo de impacto e indicador ambiental. Para cada acción se determinan los impactos directos e indirectos.

**Escala simple** Sirve para comparación de alternativas de proyecto contra criterios. Este tipo de lista agrupa los efectos según su magnitud o gravedad, asignándoles una puntuación, según una escala de intervalos o porcentual. En este caso, se genera una tabla con las alternativas en el lado izquierdo y los criterios en la parte superior. Se compara cada alternativa con cada criterio con base en una escala (por ejemplo: Buena (3), Regular (2), Mala (1)).

**Escala ponderada** Se basa en la lista de escala simple. Para cada criterio se asigna una ponderación relativa. Es más útil que la escala simple pues en general los criterios tienen distintos pesos a la hora de tomar una decisión.

**Sistemas de interacciones o redes** Es un diagrama que muestra las conexiones y vínculos de los impactos entre las acciones del proyecto y los factores ambientales. Son útiles para mostrar de manera simultánea impactos directos e indirectos. Por la complejidad que pueden tener en su elaboración, es común realizar un diagrama por acción. Los tipos principales de diagramas de interacción son:

**Método de Sorensen** Comparación entre condiciones iniciales y finales, utilizando varias tablas (usos-acciones; acciones - condiciones iniciales) y gráficas (condiciones iniciales - finales; impactos - acciones correctivas).

**Diagrama de redes ampliadas** Diagrama de flujo donde se establecen las relaciones causa-problema-efecto (impacto), e interconexiones con y entre impactos primarios, secundarios, etc. Es útil para proyectos con varios impactos de gran magnitud, como medio de visualizar y prevenir impactos indirectos y sinérgicos<sup>9</sup>.

<sup>9</sup>Sinergia: Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. [162]

**Sistemas cartográficos** Para proyectos con impactos evidentes en el componente espacial, el uso de mapas facilita la evaluación. Para una evaluación eficiente, se requiere tener bastante información disponible.

**Superposición de transparencias** Se elaboran varios mapas, cada uno con parámetros distintos (ambientales, sociales, etc.). Mediante acetatos, se realiza una superposición de los mismos, visualizando zonas con colores que determinan un impacto ambiental específico. Son fáciles de entender, muestran una distribución espacial y pueden reunir los parámetros que se requieran. Las herramientas informáticas han optimizado el uso de este tipo de metodología.

**Método de Mc Harg** Se usan mapas que representan la capacidad de cambio de uso de un territorio. Primero realiza un inventario (en mapas) de factores como clima, geología, hidrología, suelos, flora, fauna, entre otros. Se comparan los distintos parámetros con las actividades del proyecto. Se obtiene una matriz de incompatibilidades. Se sintetiza en un mapa de capacidad o adecuación (con respecto al mapa inventario).

**Método Tricart** Se identifica y modela la dinámica del medio natural actual, para destacar las zonas y factores que puedan limitar determinados usos del territorio.

**Análisis de sistemas hombre-ambiente** “Se pretende desarrollar una representación del modo de funcionamiento global del sistema *hombre-ambiente*. El análisis sistemático que conlleva, debe definir el objetivo a alcanzar para conseguir la resolución del problema, así como las soluciones alternativas para alcanzar los objetivos. Estas se introducen en un cuadro formalizado que al final nos dará la solución óptima.” [59]

### Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación

**Método de Holmes** “Los factores ambientales se clasifican por orden de importancia, se comparan cualitativamente las variantes o alternativas del proyecto por medio de un parámetro previamente seleccionado y se selecciona la mejor alternativa en función de su importancia y de su posición respecto a los factores ambientales.” [59]

**Método de la U. de Georgia** Se determina la importancia relativa de 56 componentes ambientales. Para cada componente se determinan dos valores: situación presente y futura, de acuerdo a cada alternativa.

**Método de Hill-Schechter** Análisis tipo beneficio-costos, extendido para el contexto de los factores medio ambientales y socio-económicos.

**Método del índice Global** Se calcula de acuerdo a una ecuación que tiene en cuenta criterios como: impacto sobre la vegetación, calidad del aire, fauna, agua, paisaje, morfología, entre otros. Cada criterio tiene una escala de acuerdo a su magnitud. Al final se determina la importancia del impacto mediante una escala del Índice Global (*Ig*).

**Método Cuantitativo del instituto Batelle-Columbus** Esta enfocado en planificación y gestión de recursos hídricos. Se cuenta con la definición de una lista de indicadores de

impacto con 78 parámetros ambientales, organizados en 18 componentes ambientales. La primera característica es que los parámetros deben ser medibles, bien sea por datos reales o estimaciones precisas. Por ejemplo, se tienen parámetros tales como oxígeno disuelto, pH, temperatura, erosión, olor, visibilidad, personajes, entre otros. Para poder comparar los parámetros se requieren funciones de transformación. Estas funciones son ecuaciones que tienen como entradas los parámetros y como salida un valor en un rango de 0 a 1, representando el **índice de calidad ambiental**. Puesto que las salidas están en el mismo rango y no tienen unidades, se pueden comparar. Entre todos los parámetros están distribuidas 1000 unidades, estableciendo una ponderación (para cada proyecto se requiere revisar esta ponderación). De acuerdo con el proyecto y sus características, se determinan los parámetros y se realiza el cálculo del cambio neto, identificando los parámetros más afectados. El procedimiento se puede resumir así:

1. Determinación del entorno afectado
2. Determinación de los parámetros ambientales que serán afectados
3. Cálculo de las funciones de transformación
4. Determinación del peso relativo *PIU* (*Parameter Importance Unit*) de cada parámetro
5. Valoración de cada parámetro en la situación actual (sin proyecto), obteniendo  $EQ_{S/P}$  ( $EQ = \text{Environmental Quality}$ )
6. Estimación del valor de cada parámetro en un escenario con proyecto, obteniendo  $EQ_{C/P}$
7. Ponderación de los  $EQ_{S/P}$  con su respectivo *PIU*, para obtener el *EIU sin* proyecto (*Environmental Impact Unit*):

$$EIU_{S/P} = PIU \times EQ_{S/P} \quad (1-1)$$

8. Ponderación de los  $EQ_{C/P}$  con su respectivo *PIU*, para obtener el *EIU con* proyecto (*Environmental Impact Unit*):

$$EIU_{C/P} = PIU \times EQ_{C/P} \quad (1-2)$$

9. Cálculo de la variación de calidad ambiental para cada parámetro  $i$ :

$$EIU_i = EIU_{C/P} - EIU_{S/P} \quad (1-3)$$

10. Suma de los resultados parciales:

$$EIU_T = \sum EIU_i \quad (1-4)$$

**Métodos de simulación** Son modelos matemáticos de la estructura y funcionamiento de los sistemas ambientales. Su fuerte es que realizan un análisis dinámico.

**Métodos AD HOC** Están basados en una o varias de las metodologías citadas anteriormente, o la adaptación de alguna de ellas. Por ejemplo:

- Método de Vicente Conesa Fernández-Vítora. Desarrollado y mejorado 1990-2010. Ver Sección [1.3.5](#)
- Método de Domingo Gómez Orea (1986 -2003)
- Método de María Teresa Estevan Bolea (1984 - 2001)

La Tabla [1-3](#) tiene una comparación de las metodologías anteriores, exponiendo sus beneficios y desventajas principales.

**Tabla 1-3.:** Clasificación de distintos modelos de clasificación de impactos

| T                       | Método  | Puntos Fuertes (Ventajas)  | Puntos débiles(inconvenientes)  |
|-------------------------|---|--|---|
| Matrices Causa - Efecto | M. de Leopold   | Visualización de las relaciones causa-efecto<br>Evalúa cualitativamente (tipo matricial) los efectos<br>Evaluación subjetiva numérica<br>Establece la importancia relativa del impacto (ponderación)<br>Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas           | Subjetividad<br>Carácter no selectivo. No distingue entre efectos a largo y corto plazo.<br>No incluye la variable tiempo (estático)<br>No valora cuantitativamente (la cuantificación es cualitativa)<br>Los efectos no son exclusivos ni finales. Posibilidad de duplicación  |
|                         | Clark   | Evalúa cualitativamente (tipo matricial) los efectos   | No valora cuantitativamente (la cuantificación es cualitativa)  |
|                         | CNYRPAB   | Contempla impactos directos<br>Analiza las causas que dan lugar a impactos   | No incluye la variable tiempo (estático)<br>Presenta complejidad, precisando grandes conocimientos técnicos   |
|                         | Bereano   | Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas   |   |
|                         | Guías MOPU<br>Carreteras<br>Ferrocarriles<br>Grandes Presas<br>Replantaciones Forestales<br>Aeropuertos | Describen situación operacional<br>Incluyen criterios de evaluación alternativos<br>Evalúan cualitativamente (tipo matricial) los efectos<br>Evalúan cuantitativamente (tipo Batelle) los efectos<br>Incluye la variable tiempo (dinámico)<br>Incorporan medidas correctoras | Son específicas para proyectos concretos  |
|                         | Banco Mundial   | Evalúan cualitativamente (tipo matricial) los efectos<br>Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas  | No valora cuantitativamente (la cuantificación es cualitativa)  |
|                         | Listas de Chequeo   | Todas las listas   | Simplicidad<br>Se modifican y adaptan fácilmente a todo tipo de proyectos<br>Óptimas para estudios preliminares<br>Facilitan discusiones de equipos multidisciplinares<br>Ayuda a definir componentes y factores ambientales<br>Advierten impactos importantes<br>Posibilitan comparar proyectos importantes y sus alternativas |
| Simples                 |   | Identifican amplia y flexiblemente impactos directos   | No contempla impactos indirectos<br>No evalúan ni cualitativa ni cuantitativamente los efectos<br>No registra relaciones causa-efecto   |

Continúa en la página siguiente

Tabla 1-3 – continuación

| T                      | Método   | Puntos Fuertes (Ventajas)   | Puntos débiles(inconvenientes)  |
|------------------------|--|---|---|
|                        | Descriptivas   | Identifican impactos directos e indirectos  | No valoran cuantitativamente los efectos<br>No se establece la importancia relativa del impacto                   |
|                        | Escala Simple  | Evaluación subjetiva numérica cualitativa   | No se establece la importancia relativa del impacto   |
|                        | Escala ponderada   | Se establece la importancia relativa del impacto  |   |
| Redes                  | Sorensen   | Incluye la variable tiempo (dinámico)   | No valoran cuantitativamente los efectos  |
|                        | Redes ampliadas  | Visualización de las relaciones causa-efecto<br>Interconexiona impactos primarios y secundarios<br>Interesante cuando se dan impactos significativos  | No valoran cuantitativamente los efectos<br>Excesiva complicación en grandes actuaciones<br>Posibles duplicidades |
| Sistemas Cartográficos | Todos  | Caracterización inicial del relieve   | Necesitan metodologías muy especializadas y costosas  |
|                        | Análisis de información cartográfica   | Obtención de la evolución geomorfológica y otros procesos   |   |
|                        | Fase de campo  | Detectan procesos geodinámicos  |   |
|                        | Elaboración de planos definitivos  | Evalúa cualitativa y cuantitativamente los efectos  |   |
|                        | Superposición de transparencias  | Presentan la evolución espacial de los factores<br>Muestran la distribución espacial de los impactos<br>Resultados en forma de diagramas fáciles de entender<br>Relacionan la población humana y biótica<br>Se pueden evaluar un conjunto de alternativas<br>Se pueden asignar pesos a cada parámetro | Dificultades prácticas para la aplicación manual<br>Precisan SIG, GIS, etc  |
| Mc Harg                | Se ocupa de la planificación ecológica<br>Se obtienen mapas de capacidad de acogida<br>Se obtiene inventario mapificado de los factores<br>Inventario económico<br>Inventario de visualización del paisaje |   |   |
| Tricart                | Percibe la dinámica del medio físico y biótico<br>Muy útil para la ordenación de recursos hídricos   | No tiene en cuenta el medio socioeconómico  |   |
| M. Falque              | Percibe la dinámica del medio físico y biótico<br>Amplia disgregación del análisis ecológico   |   |   |
| AS <sup>10</sup>       | Hombre - Ambiente  | Detecta el funcionamiento global del sistema  |   |

Continúa en la página siguiente

<sup>10</sup>Análisis de Sistemas

Tabla 1-3 – continuación

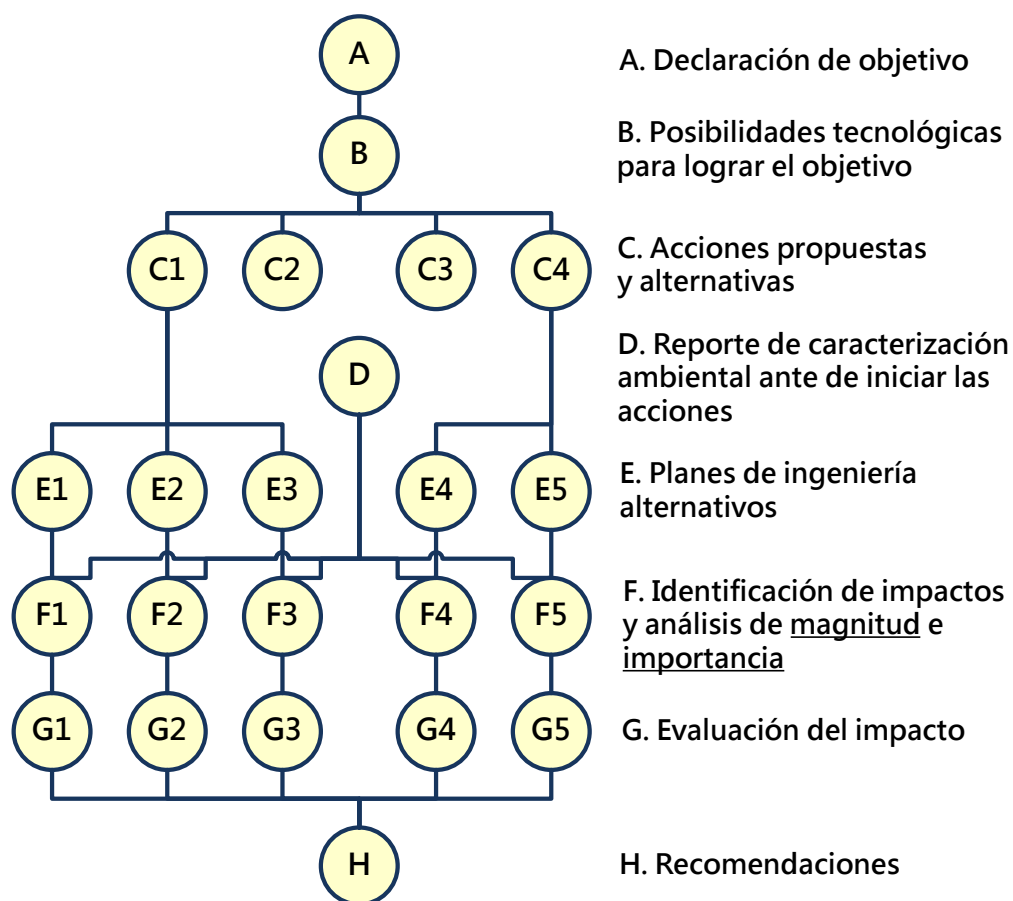
| T  | Método           | Puntos Fuertes (Ventajas)  | Puntos débiles (inconvenientes)  |
|--|------------------|--|--|
| Sistemas de Indicadores, índices e integración | Holmes           | Útil para impactos no cuantificables<br>Evaluación cualitativa de los efectos  | Resultados subjetivos<br>No incluye la variable tiempo (estático)<br>No valora cuantitativamente los efectos   |
|  | U. de Georgia    | Establece la importancia relativa del impacto<br>Incluye la variable tiempo (dinámico)<br>Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas   |  |
|  | Hill-Schechter   | Evalúa beneficios y costes sociales<br>Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas  |  |
|  | Fisher-Davies    | Evalúa cualitativamente (matriz de compatibilidad)<br>Incluye la variable tiempo (dinámico)<br>Compara alternativas (matriz de decisión)   | No tiene en cuenta el medio físico   |
|  | Índice Global    | Evaluación cualitativa de los efectos<br>Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas  | No tiene en cuenta el medio socioeconómico<br>Sólo es válido para impactos producidos por elementos constructivos<br>No valora cuantitativamente (la cuantificación es cualitativa)  |
| Sistemas cuantitativos                         | Batelle-Columbus | Ha servido de base a metodologías posteriores<br>Utiliza unidades homogéneas o conmensurables<br>Incorpora la introducción de medidas correctoras<br>Incluye la variable tiempo (CON-SIN)<br>Establece la importancia relativa del impacto (ponderación)<br>Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas | Necesita metodologías muy especializadas y costosas<br>No contempla impactos directos<br>Para cada tipo de proyecto se deben establecer los índices ponderales<br>Los índices ponderales se asignan de forma subjetiva<br>Las funciones de transformación son para proyectos hidráulicos |

Fuente: Conesa 2010

### 1.3.3. Matriz de Leopold[194]

Es una metodología desarrollada por el Geographical Survey, de Estados Unidos, por solicitud del Departamento del Interior y el NEPA<sup>11</sup>. Su versión final se publicó en 1973. El equipo de trabajo estaba liderado por Luna Leopold, de allí su nombre.

El objetivo general de esta metodología era tener un procedimiento uniforme, conforme habían varios esfuerzos aislados para cumplir con los requerimientos de NEPA. La base de la metodología es una matriz. Esta a su vez sirve como resumen ejecutivo, identificando las características/condiciones ambientales y los impactos principales. El procedimiento se estructura de acuerdo a la Figura 1-3.



Fuente: Leopold 1971

Figura 1-3.: Diagrama de flujo Metodología Leopold

Los componentes básicos del reporte son:

- Análisis completo de la justificación del proyecto (A, B, C)
- Descripción del medio ambiente vulnerable (D)

<sup>11</sup>Ver Sección 1.2.9



- Discusión de los detalles de las acciones propuestas (E)
- Evaluación de los impactos probables, así como un resumen y recomendaciones sobre todo el proceso (F, G, H)

Descripción de los bloques:

- A** Declaración del objetivo general a cumplir con el proyecto
- B** Análisis de alternativas tecnológicas para lograr el objetivo
- C** Una o más acciones son propuestas para lograr el objetivo. Descripción de las alternativas
- D** Se realiza un reporte detallado de las características y condiciones del medio ambiente existente antes de prepara alguna acción
- E** Las propuestas de proyectos se describen en reportes individuales
- F** Análisis de impactos de acuerdo a cada propuesta E. Se requiere la definición de dos aspectos de cada acción. El primer aspecto es la magnitud del impacto. Se emplea en el sentido de grado, extensión o escala. El segundo aspecto es la importancia, de la acción específica sobre un factor ambiental. El evaluador se encarga de valorar numéricamente los dos aspectos, llenando la matriz. Mas adelante se describe este paso, ya que es el núcleo del procedimiento.
- G** Se realiza un documento de acuerdo a los resultados de cada una de las opciones de proyecto de F. Es una evaluación de los impactos.
- H** El proceso termina con un resumen y con recomendaciones. Esta sección debe discutir los méritos de las acciones y de las propuestas. Así mismo debe explicar las razones para escoger entre una acción o propuesta.

Esta estructura propuesta cumple con los objetivos planteados para la EIA. Sin embargo, el punto débil de la EIA no es la estructura (casi estándar) sino la metodología para valorar/calificar los impactos, es decir el bloque F de la estructura. La metodología de Matriz de Leopold utiliza una matriz para desarrollar el bloque F. La estructura del documento original se muestra en la Figura 1-4.

|  |                       | Instrucciones |               | Acciones propuestas |            |                       |            | Cálculos |
|--|-----------------------|---------------|---------------|---------------------|------------|-----------------------|------------|----------|
|  |                       |               |               | Grupo de acciones 1 |            | Grupo de acciones ... |            |          |
|  |                       |               |               | Acción 1            | Acción ... | Acción 1              | Acción ... |          |
| Características y condiciones del ambiente | Características       | Grupo 1       | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       | Grupo ...     | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  | Condiciones           | Grupo 1       | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       | Grupo ...     | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  | Factores culturales   | Grupo 1       | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       | Grupo ...     | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  | Relaciones ecológicas | Grupo 1       | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       | Grupo ...     | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
|  |                       |               | Elemento .... |                     |            |                       |            |          |
| Cálculos                                   |                       |               |               |                     |            |                       |            |          |

Fuente: Elaboración propia a partir de Leopold 1971

**Figura 1-4.:** Esquema Matriz de Leopold

En las columnas de la izquierda se ubican 88 características y/o condiciones ambientales (en el Anexo A se enumeran); en las filas superiores se ubican 100 acciones (en el Anexo A se enumeran); para un total de 8800 posibles interacciones. Dependiendo del proyecto, sólo se escogen algunas acciones e impactos. Esto reduce notablemente la matriz. Estos elementos se consideran básicos, por lo que es fácil expandirlos según las necesidades o criterios.

Las instrucciones (según los autores) para llenar la matriz se encuentran en la Figura 1-5. Inicialmente se seleccionan las interacciones relevantes, estas se analizarán una por una. Cada celda de interacción se divide mediante una diagonal. En la esquina superior izquierda se determina un número de 1 a 10 para indicar la **magnitud** relativa del impacto, siendo 10 el mayor. En la esquina inferior derecha se determina un número de 1 a 10 para indicar la **importancia** relativa del impacto, siendo 10 la mayor. En caso de tener un impacto beneficioso, se identifica con un + antes del número. La determinación de los números debe ser un proceso basado en hechos reales y no en preferencias. El criterio del evaluador es fundamental en esta etapa.

Una vez se tiene la matriz reducida llena, se procede a realizar el texto (bloque G). La matriz en si es un resumen. La base del texto es una revisión, la cual se realiza de dos formas: líneas o columnas son las que más elementos tienen; celdas con los valores más altos. El análisis de los ítems identificados se realiza de acuerdo a un procedimiento y debe contener lo siguiente:

1. Descripción de la acción propuesta incluyendo información técnica adecuada para permitir realizar la evaluación. (Se encuentra en los bloques C y E)

2. Impacto probable de la acción sobre el medio ambiente
3. Cualquier efecto medio ambiental que no puede ser evitado
4. Alternativas a la acción propuesta
5. Relación entre uso locales de corto plazo del medio ambiente. Mantenimiento y mejoramiento de la productividad de largo plazo
6. Cualquier compromiso irreversible e irreparable de recursos si la acción propuesta es realizada
7. Análisis de los problemas y objeciones que pueden surgir

La recopilación de todos los documentos obtenidos en los bloques A - H, constituyen la Evaluación de Impacto Ambiental por metodología de Matriz de Leopold, una de las primeras que intentó unificar esfuerzos.

### INSTRUCCIONES

1. Identificar todas las acciones (localizadas en la parte superior de la matriz) que son parte del proyecto propuesto.
2. Bajo cada una de las acciones propuestas, poner una barra diagonal (/) en la intersección con cada ítem del costado izquierdo de la matriz si el impacto es posible.
3. Al terminar de diseñar la matriz, en la esquina superior izquierda de cada celda, determinar un número de 1 a 10 el cual indica la **MAGNITUD** del posible impacto; 10 representa la mayor magnitud de impacto y 1, la menor, (No ceros). Antes de cada número poner un + si el impacto será beneficioso. En la esquina inferior derecha, determinar un número de 1 a 10 el cual indica la **IMPORTANCIA** del posible impacto (p.e. regional vs. Local); 10 representa la mayor importancia y 1, la menor, (no ceros).
4. El texto que acompaña la matriz debe ser una discusión de los impactos significantes: aquellas columnas y filas con varios celdas con números y aquellas celdas con valores altos.

#### MATRIZ EJEMPLO

|          |   | Acciones |        |        |        |        |
|----------|---|----------|--------|--------|--------|--------|
|          |   | a        | b      | c      | d      | e      |
| Impactos | a |          | 2<br>/ |        |        | 8<br>/ |
|          | b |          | 7<br>/ | 8<br>/ | 3<br>/ | 9<br>/ |
|          | c | 4<br>/   | 6<br>/ |        |        |        |

Fuente: Leopold 1971

**Figura 1-5.:** Instrucciones de la Matriz de Leopold

### 1.3.4. Metodología de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) [10]

Este método fue desarrollado por Jorge Arboleda de Empresas Públicas de Medellín, un grupo empresarial de servicios públicos líder en Colombia. Su estructura se presenta a continuación:

- **Etapa 1.** Desagregación del Proyecto en Componentes  
El primer paso consiste en dividir el proyecto en todas las obras o actividades que se requieren para su construcción.

- **Etapa 2.** Identificación de los Impactos  
En esta etapa se procede a identificar los impactos que se pueden generar en cada uno de los procesos definidos en el paso anterior. Para ello se utiliza un método de valoración de impactos por medio del cual se determina la magnitud de la relación proyecto-ambiente. Este método de valoración de impactos está compuesto por tres elementos básicos que permiten elaborar el proceso secuencial que identificará los impactos. Estos elementos son los siguientes:

**Acción** Es el conjunto de actividades necesarias para la ejecución del proyecto

**Efecto** Es el proceso físico, biótico, social económico o cultural que puede ser activado, suspendido o modificado por una determinada acción del proyecto y puede producir cambios o alteraciones que gobiernan la dinámica de los ecosistemas.

**Impacto** Es el cambio neto o resultado final (benéfico o perjudicial) que se produce en alguno de los elementos ambientales por una determinada acción del proyecto.

- **Etapa 3.** Evaluación de los impactos  
Los diagramas de identificación permiten obtener una lista de impactos ambientales que pueden ser generados por una determinada acción del proyecto pero no indican nada de su significado y jerarquía. Por ese motivo en esta etapa se procede a evaluar cada impacto individualmente. Los atributos ambientales o criterios utilizados para la calificación son: *i) Clase, ii) Presencia o Probabilidad, iii) Duración, iv) Evaluación y v) Magnitud.* La estimación de los factores de la evaluación ambiental se fundamenta en la utilización de conceptos de profesionales especialistas. La calificación ambiental es la expresión de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan los impactos ambientales y está definida en la ecuación 1-5:

$$Ca = C(P(aEM + bD)) \quad (1-5)$$

El índice denominado Calificación Ambiental ( $Ca$ ), varía entre 0.1 y 10, se obtiene a partir de cinco criterios o factores característicos de cada impacto. En la Tabla 1-4 se presentan los componentes, sus valores, y los criterios para clasificar los resultados.

**Tabla 1-4.:** Componentes de la Calificación Ambiental. Metodología EPM.

| <b>Componente</b>         | <b>Descripción</b>  |
|---------------------------|---|
| <b>Clase <i>C</i></b>     | Expresado por el signo + ó - de acuerdo al tipo de impacto. Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser positiva o negativa dependiendo si se mejora o degrada el ambiente actual o futuro.   |
| <b>Presencia <i>P</i></b> | (Varía entre 0.0 y 1.0). Como no se tiene certeza absoluta de que todos los impactos se presenten, la presencia califica la probabilidad de que el impacto pueda darse, se expresa entonces como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia.<br>(1) : Cierto. Existe absoluta certeza de que el impacto se presente<br>(0.8) : Probable. Es probable hasta en un 50 % que impacto se aparezca<br>(0.4) : Incierto. Es poco probable que el impacto se presente<br>(0.1) : Imposible. Es casi imposible que se dé pero podría presentarse.   |
| <b>Evolución <i>E</i></b> | Varía entre 0.0 y 1.0. Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias, se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con la que se presenta el impacto.<br>(1) : Muy Rápido. Menos de un día<br>(0.8) : Rápido. De un día a un mes<br>(0.6) : Medio. De un mes a seis meses.<br>(0.4) : Lento. De seis meses a un año.<br>(0.2) : Muy Lento. Mas de un año   |
| <b>Magnitud <i>M</i></b>  | Varía entre 0.0 y 1.0. Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por la actividad o proceso constructivo u operativo. Los valores de magnitud absoluta, cuantificados o referidos se transforman en términos de magnitud relativa, que es una expresión mucho más real del nivel de afectación del impacto.<br>(1) : Muy Severo. Daño permanente al ambiente<br>(0.8) : Severo. Daños serios pero temporales al ambiente<br>(0.6) : Medianamente Severo. Daños menores pero permanentes al ambiente.<br>(0.4) : Ligeramente Severo. Daños menores al ambiente.<br>(0.2) : Nada Severo. Ningún daño al ambiente. |
| <b>Duración <i>D</i></b>  | Varía entre 0.0 y 1.0. Evalúa el periodo de existencia activa del impacto y sus consecuencias, se expresa en función del tiempo que permanece el impacto (muy larga, larga, corta, etc.).<br>(1) : Muy Severo. Mas de un año<br>(0.8) : Larga. De seis meses a un año<br>(0.5) : Moderada. De un mes a seis meses<br>(0.3) : Corta. De un día a un mes<br>(0.1) : Muy Corta. Menos de un día  |
| <b><i>a y b</i></b>       | Constantes de ponderación cuya suma debe ser igual a 10   |

Continúa en la página siguiente

Tabla 1-4 – continuación

| Componente                                 | Descripción           |
|--|-----------------------|
|  | $Ca = C(P(aEM + bD))$ |
| <b>Calificación Ambiental</b><br><i>Ca</i> | 8.0 - 10 : Muy alta   |
|  | 6.0 - 8.0 : Alta      |
|  | 4.0 - 6.0 : Media     |
|  | 2.0 - 4.0 : Baja      |
|  | 0.0 - 2.0 : Muy Baja  |

Fuente: Arboleda 2003

### 1.3.5. Metodología Cualitativa[59]

Es una adaptación de la metodología Cualitativa teniendo en cuenta los requerimientos de la legislación española. Fue desarrollada por Vicente Conesa Fernandez-Vítora. Desde 1990 ha presentado varias actualizaciones. La más reciente fue en 2010. Se define la siguiente estructura general para un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA):

1. Análisis del proyecto
2. Estudio de posibles alternativas
3. Definición del entorno del proyecto
4. Previsiones de los efectos
5. Identificación de las acciones
6. Identificación de los factores del medio
7. Identificación de las relaciones causa-efecto. Elaboración de la matriz Importancia y valoración cualitativa del impacto
8. Predicción de la magnitud
9. Valoración Cuantitativa
10. Definición de las medidas correctoras
11. Cálculo del impacto final
12. Definición del programa de vigilancia ambiental
13. Proceso de participación pública
14. Emisión de informe final
15. Decisión del órgano competente

Las siete primeras fases corresponden a la **valoración cualitativa**. Las fases ocho a once corresponden a la **valoración cuantitativa**. Las fases doce a quince corresponden a otras partes del proceso EIA. A continuación se describe la metodología:

#### 1. 2. Proyecto y alternativas

Es un resumen ejecutivo del proyecto con la información más relevante. Se enumeran 14 aspectos: historial de la entidad promotora; localización; aspectos legales; estudios durante la fase de construcción; estudios durante la fase de funcionamiento; materiales empleados; equipos y maquinaria; procesos; recursos naturales afectados; emisiones, residuos y vertidos; emisiones de energía; perspectivas de futuro, fase de desmantelamiento y abandono.

Por otra parte, para algunos proyectos (especialmente los más grandes) se revisan las otras opciones para lograr el objetivo del proyecto. El libro propone una metodología específica para la determinación de alternativas.

### 3. Entorno del proyecto

“El entorno de un proyecto o actividad en funcionamiento es el ambiente que interacciona con el proyecto en términos de entradas (recursos, mano de obra, espacio, etc) y de salidas (productos, empleo, rentas, etc.) y por tanto en cuanto provisor de oportunidades, generador de condicionantes y receptor de efectos. Se trata de inventariar todos los factores en la caracterización del medio previsiblemente afectados por la ejecución del Proyecto”[59]. Se incluye un estudio del Medio Físico y del Medio Socio-económico. La jerarquía es: Sistema, Sub-sistema, componente ambiental, factor ambiental. Depende del proyecto se define el nivel de detalle.

### 4. Previsión de los efectos

Se realiza un estudio preliminar de impactos. Se basa en toda la información de las etapas anteriores, concentrándose en las acciones que se esperan tengan impacto. El resultado de esta etapa es una Matriz de Identificación de efectos, la cual tiene los factores de medio como filas y las acciones del proyecto como columnas. En esta matriz simplemente se pone un punto en la celda donde se considere, de manera preliminar, que una acción tendrá un impacto sobre un factor específico.

### 5. Identificación de las acciones

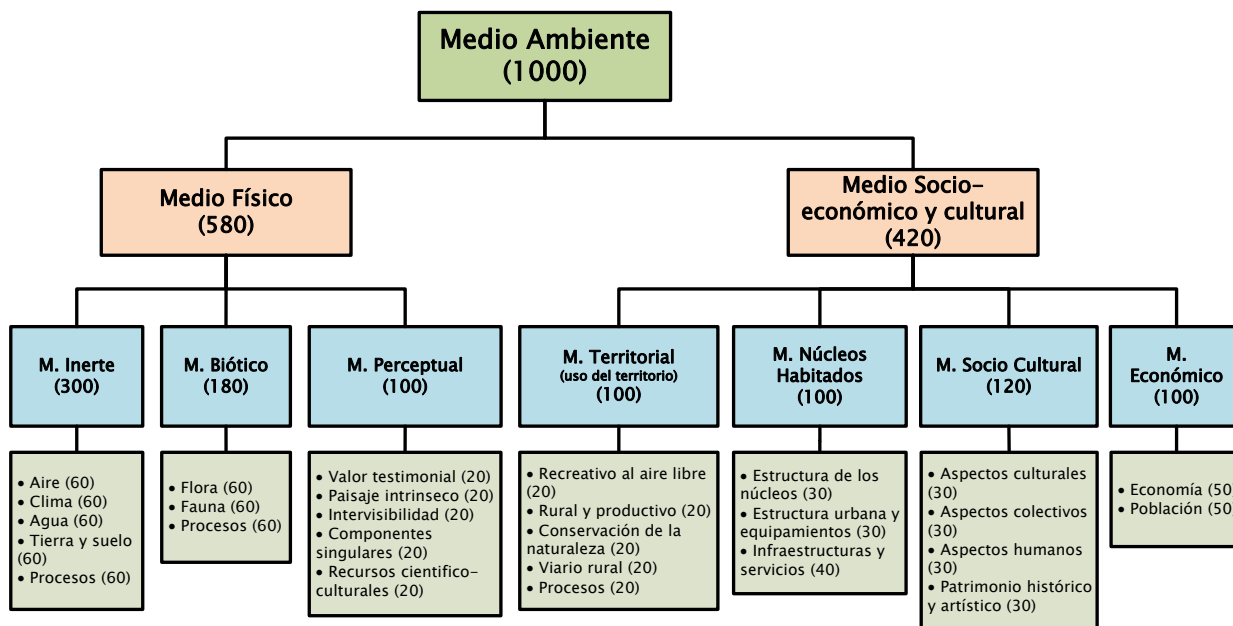
Una acción genera presión sobre un factor o parámetro ambiental, cambiando su calidad ambiental. De acuerdo al proyecto se determinan las acciones que generan presión y por lo tanto impacto ambiental. Conesa [59] propone una metodología para la identificación óptima de las acciones, de acuerdo a criterios como significatividad, independencia, vinculación, posibilidad de cuantificación, entre otros.

### 6. Identificación factores del medio

El Ambiente se divide para la identificación de los impactos de la siguiente manera: i) Sistemas, Sub-sistemas, ii) Componentes y iii) Factores Ambientales. De acuerdo con la información de las primeras etapas (inventario ambiental), se identifican los factores ambiental que se analizan en el estudio; estos pueden ser de dos tipos: i) Cuantitativos y ii) Cualitativos. En la Figura 1-6 se observa una jerarquía propuesta. Los valores en paréntesis son los UIP relativos, en la página 40 se definen.

Una vez se tienen identificadas las acciones del proyecto (generalmente organizadas en las fases de construcción y operación) y así mismo identificados los factores del ambiente que pueden ser afectados, se construye la **Matriz de Impactos**. En las columnas se ponen las acciones identificadas y en las filas los factores identificados. Se revisa toda la matriz de manera preliminar, realizando anotaciones básicas en las interacciones (entre un factor y una acción) más relevantes. Esta matriz es la base de otras más elaboradas.





Fuente: Conesa 2010

Figura 1-6.: Jerarquía Medio Ambiente

## 7. Matriz Importancia - Valoración cualitativa

“Los elementos de la matriz de importancia identifican la **Importancia** ( $I_{ij}$ ) del impacto ambiental generado por una acción simple de una **Actividad** ( $A_j$ ) sobre un **factor ambiental considerado** ( $F_i$ ). La importancia del impacto o *Índice de Incidencia*, la definimos como el ratio mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental...” [59].

Cada *elemento tipo* (cruce de la matriz) ( $I_{ij}$ ) se determina por la ecuación 1-6:

$$I = \pm[3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (1-6)$$

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100, correspondientes a la sumatoria de los valores cuantitativos de los atributos o criterios de impacto. En la Tabla 1-5 se muestran los valores posibles. A continuación se presenta una descripción de cada uno de los componentes de la ecuación 1-6:

**Signo** Se refiere al carácter **beneficioso (+)** o **perjudicial (-)** de la acción sobre el factor ambiental. Es positivo cuando mejora la calidad ambiental y es negativo cuando la calidad ambiental disminuye. En algunos casos se usa una tercera opción  $x$ , cuando no es posible determinar si es positivo o negativo.

**Intensidad (IN)** Se refiere al **grado de destrucción** del factor ambiental. No se debe confundir con la extensión del impacto.

**Extensión (EX)** Se refiere al **porcentaje de área** de influencia que es **afectada**. Una vez se define el área del entorno del proyecto, se compara que porcentaje es afectado por determinado impacto.

**Momento (*MO*)** Se refiere al tiempo entre la comiezo de la acción y la aparición del impacto.

**Persistencia (*PE*)** Tiempo supuesto de **permanencia** del impacto, desde su aparición y hasta que el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales.

**Reversibilidad (*MC*)** Se refiere al **tiempo de reconstrucción** del factor afectado por **medios naturales**. La dinámica del medio ambiente puede mejorar la calidad ambiental, una vez la acción que genera el impacto desaparece.

**Recuperabilidad (*MC*)** Se refiere al **tiempo de reconstrucción** del factor afectado por **medio de la intervención humana**. Depende de las proyecciones respecto a las medidas correctoras y restauradoras.

**Sinergia (*SI*)** Se refiere a la **agregación** de dos o más impactos cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

**Acumulación (*AC*)** Se refiere al **incremento progresivo** de la magnitud del impacto. Se debe tener en cuenta para la formulación de medidas de corrección.

**Efecto (*EF*)** Se refiere a la **relación causa-efecto**. Un impacto es directo (primario) si se manifiesta como consecuencia de la acción que lo genera. Un impacto puede ser indirecto (secundario) si su manifestación depende de otros impactos anteriores y/o de una cadena de reacción.

**Periodicidad (*PR*)** Se refiere a la **regularidad** de manifestación del impacto: continuo, discontinuo o irregular. No se refiere a la existencia de ciclos, sino a las condiciones de aparición de estos.

**Importancia (*I*)** Es la estimación del impacto en base al grado de manifestación cualitativa.

De acuerdo con los criterios anteriores se llena la Matriz de Importancia, la cual tiene una estructura como la Figura 1-7. Es válido aclarar que no se determina *I* para todas las celdas de la matriz de importancia. Sólo se calculan los elementos identificados en la matriz de impactos.

**Tabla 1-5.:** Componentes Importancia del Impacto. Metodología Cualitativa

|  |    |   |    |
|--|----|---|----|
| <b>NATURALEZA</b><br>(Signo)                                       |    | <b>INTENSIDAD (IN)</b><br>(Grado de destrucción)                          |    |
| Impacto beneficioso  | +  | Baja o mínima   | 1  |
| Impacto perjudicial  | -  | Media   | 2  |
|  |    | Alta  | 4  |
|  |    | Muy alta  | 8  |
|  |    | Total   | 12 |
| <b>EXTENSIÓN (EX)</b><br>(Área de influencia)                      |    | <b>MOMENTO (MO)</b><br>(Plazo de manifestación)                           |    |
| Puntual, efecto localizado   | 1  | Largo plazo, $t_m > 10yr$   | 1  |
| Parcial  | 2  | Medio plazo, $1 > t_m > 10yr$   | 2  |
| Amplio o extenso   | 4  | Corto plazo, $t_m < 1yr$  | 3  |
| Total  | 8  | Inmediato   | 4  |
| Crítica  | 12 | Crítico   | 8  |
| <b>PERSISTENCIA (PE)</b><br>(Permanencia del efecto)               |    | <b>REVERSIBILIDAD (RV)</b><br>(Reconstrucción por medios naturales)       |    |
| Fugaz o efímero  | 1  | Corto plazo, $t_{Rev} < 1yr$  | 1  |
| Momentáneo, $t_p < 1yr$  | 1  | Medio plazo, $1 > t_{Rev} > 10yr$   | 2  |
| Temporal o transitorio, $1 > t_p > 10yr$                           | 2  | Largo plazo, $10 > t_{Rev} > 15yr$  | 3  |
| Pertinaz o persistente, $10 > t_p > 15yr$                          | 3  | Irreversible, $t_{Rev} > 15yr$  | 4  |
| Permanente y Constante, $t_p > 15yr$                               | 4  |   |    |
| <b>SINERGIA (SI)</b><br>(Potenciación de la manifestación)         |    | <b>ACUMULACIÓN (AC)</b><br>(Incremento progresivo)                        |    |
| Sin sinergismo o simple  | 1  | Simple  | 1  |
| Sinergismo moderado  | 2  | Acumulativo   | 4  |
| Muy sinérgico  | 4  |   |    |
| <b>EFEECTO (EF)</b><br>(Relación causa-efecto)                     |    | <b>PERIODICIDAD (PR)</b><br>(Regularidad de la manifestación)             |    |
| Indirecto o secundario   | 1  | Irregular (Aperiódico y esporádico)                                       | 1  |
| Directo o primario   | 4  | Periódico o de regularidad intermitente                                   | 2  |
|  |    | Continuo  | 4  |
| <b>RECUPERABILIDAD (MC)</b><br>(Reconstrucción por medios humanos) |    | <b>IMPORTANCIA (I)</b><br>(Grado de manifestación cualitativa del efecto) |    |
| Recuperable de manera inmediata                                    | 1  | $I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$              |    |
| Recuperable a corto plazo, $t_r < 1yr$                             | 2  |   |    |
| Recuperable a medio plazo, $1 > t_r > 10yr$                        | 3  |   |    |
| Recuperable a largo plazo, $10 > t_r > 15yr$                       | 4  |   |    |
| Mitigable, sustituible y compensable                               | 4  |   |    |
| Irrecuperable, $t_r \gg 15yr$                                      | 8  |   |    |

| Matriz de impactos               |                   |                      | Acciones             |   |     |   |                   |   |     |   |
|----------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---|-----|---|-------------------|---|-----|---|
|                                  |                   |                      | Fase de construcción |   |     |   | Fase de operación |   |     |   |
| Factores ambientales afectados   |                   |                      | 1                    | 2 | ... | m | 1                 | 2 | ... | n |
| Medio físico                     | Medio Inerte      | Factor Ambiental 1   |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  | Biotico           | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  | Perceptual        | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
| Medio socio-económico y cultural | Territorial       | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  | Nucleos habitados | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  | Sociocultural     | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  | Económico         | Factor Ambiental ... |                      |   |     |   |                   |   |     |   |
|                                  |                   | Factor Ambiental n   |                      |   |     |   |                   |   |     |   |

Fuente: Elaboración propia a partir de Conesa 2010

**Figura 1-7.:** Matriz de Identificación de efectos. Metodología Cualitativa

Para continuar con el análisis, se realiza una depuración de la matriz de importancia, mediante criterios tales como: valores pequeños y poco relevantes; factores de difícil medición; efectos significativos con valores muy altos, entre otros. Cada equipo de trabajo debe definir y describir muy bien los límites o criterios que emplea para depurar la matriz.

**Valoración cualitativa del impacto.** Una vez se tiene una matriz de importancia depurada, se procede a valorar cualitativamente cada factor ambiental. Se atribuye a cada factor un peso o ponderación, expresado en *unidades de importancia* (UIP). El valor de UIP para cada factor depende de repartir 1000 UIP entre los factores en análisis. En la Figura 1-6 se observa una propuesta de ponderación de acuerdo a los sub-sistemas y componentes seleccionados. Los valores anteriores son sugeridos. La determinación de los UIPs se realiza por consultas a expertos de acuerdo a los factores ambientales identificados previamente.

Se tiene una matriz depurada, con valores de Importancia entre acciones del proyecto y factores ambientales. Lo importante no es tener muchos datos, sino saber qué significan y qué hacer con ellos. La valoración cualitativa se realiza principalmente de dos formas:

**Valoración relativa** Suma ponderada por:

- Columnas (tomando una sola acción) identifica las acciones más agresivas, las poco agresivas y las beneficiosas.

- Filas (tomando un solo factor) identifica los factores ambientales que más sufren, de acuerdo a todas las acciones.

**Valoración absoluta** Se trata de una suma pero sin ponderación. Especialmente para los factores ambientales da una visión más general de cuales tienen un mayor impacto. Aunque se establece que los elementos  $I_{ij}$  no son comparables entre si, una mayor magnitud si puede determinar cual tiene sufre mayor impacto.

“En definitiva, el método del valor absoluto, nos indica el deterioro intrínseco de un factor, y el método del valor relativo, la participación del deterioro intrínseco de ese factor en el deterioro total del medio”[59].

### 8. Predicción de la magnitud

A partir de la matriz de Importancia se realiza un análisis más profundo. Se determinan los **indicadores de impacto**, es decir, la medida y/o variación de la calidad ambiental de cada factor identificado. Se actualiza entonces la matriz de Importancia a la **matriz de Cuantificación**. Cada casilla que tiene un  $I_{ij}$  se complementa con la magnitud del impacto  $M_{ij}$  (se agrega en la misma casilla dividiendola por una diagonal). Así mismo se agregan columnas en las cuales se identifica el indicado usado, la unidad de medida, la magnitud sin proyecto (del inventario ambiental), la magnitud con proyecto (sumatoria de las  $M_{ij}$  por fila), y finalmente la magnitud del impacto (diferencia de la magnitud con y sin proyecto). Esta predicción la debe realizar un equipo experto.

### 9. Valoración Cuantitativa

Todos los indicadores de impacto no tienen las mismas unidades, por lo tanto no se pueden comparar entre sí. Se utilizan entonces **funciones de transformación**, según la forma de la ecuación 1-7:

$$CA_j = f(M_j) \quad (1-7)$$

Se obtiene la calidad ambiental (CA) del factor  $j$ , de acuerdo a la magnitud previamente establecida, en valores de 0 a 1. Se agregan nuevas columnas a la matriz de Cuantificación, en las cuales se determina la función de transformación, los valores de CA con y sin proyecto (sin unidades, en el intervalo de 0 a 1), y finalmente el impacto total ( $CA_{CON} - CA_{SIN}$ ). Al tener valores comparables, se pueden volver a realizar valoraciones relativas y absolutas como análisis del impacto del proyecto.

### 10. Definición de las medidas correctoras

Las medidas correctoras son acciones humanas que buscan mejorar la calidad ambiental de un factor específico, el cual fue afectado por las acciones del proyecto. Describen planes y programas para atenuar o suprimir los impactos negativos de las actividades. La matriz de cuantificación se termina de complementar; se agregan nuevas columnas. Se identifican las medidas y se valoran numéricamente para poder compararse y determinar qué tanto mejora el factor bajo las medidas definidas. En la Figura 1-8 se observan los distintos tipos de medidas de corrección de los impactos.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>PROTECTORAS</b><br/>Se introducen en la fase de anteproyecto o de proyecto</p>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsoras</li> <li>• Modificadoras de elementos definitorios</li> </ul> |
| <p><b>CORRECTORAS</b><br/>Se introducen en la fase de construcción o en la de funcionamiento</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutralizantes</li> <li>• Mitigantes</li> </ul>                          |
| <p><b>CURATIVAS Y DE MANTENIMIENTO</b><br/>Se introducen en la fase de funcionamiento</p>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación</li> <li>• Mejora y fortalecimiento</li> </ul>              |
| <p><b>RECUPERADORAS</b><br/>Se introducen en la fase de funcionamiento o en la de abandono</p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauración</li> <li>• Rehabilitación</li> </ul>                        |
| <p><b>COMPENSATORIAS</b><br/>Se introducen en la fase de funcionamiento</p>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución</li> <li>• Contraprestación</li> </ul>                       |
| <p><b>RESTABILIZADORAS</b><br/>Se introducen en la fase de funcionamiento o en la de abandono</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilización</li> <li>• Puesta en valor</li> </ul>                      |

Fuente: Conesa 2010

Figura 1-8.: Tipología de las Medidas Correctoras

### 11. Cálculo del impacto final

La matriz de cuantificación se convierte en la **matriz de evaluación**. Se agregan nuevas columnas en las cuales se resumen los principales indicadores encontrados en el desarrollo de la evaluación total. El **impacto final previsto**,  $IA_F$  se calcula a partir de varios componentes, incluyendo la importancia, magnitud y las medidas correctoras. No se trata de una simple suma aritmética, tiene un proceso matemático para su determinación eficiente. En la Figura 1-9 se encuentra el esquema de una Matriz de Evaluación.

### 12. Definición del programa de vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) se utiliza para controlar la ejecución de las medidas protectoras y correctoras, verificar la calidad de los materiales y medios, comprobar la eficacia de las medidas, determinar impactos no previstos, informar a las autoridades (vigilancia), así como controlar los informes realizados.

### 13. Proceso de participación pública

Revisión del proceso por parte de la comunidad. Comentarios.

### 14. Emisión de informe final

Documento de síntesis que resume las conclusiones más importantes encontradas en el desarrollo del proceso. Se trata de un resumen ejecutivo de todo el proceso.

### 15. Decisión del órgano competente

La autoridad ambiental toma la decisión de otorgar una licencia ambiental para el solicitante.

| Matriz de evaluación |               |     |     | 1. identificación y cuantificación |  |          |  | 2. Unidades de medida |  |          |  | 3. Valoración del efecto |           |                    |      | 4. Corrección de impactos |                    |      |            | 5. Impacto final |     |     |                      |              |                   |                |
|----------------------|---------------|-----|-----|------------------------------------|--|----------|--|-----------------------|--|----------|--|--------------------------|-----------|--------------------|------|---------------------------|--------------------|------|------------|------------------|-----|-----|----------------------|--------------|-------------------|----------------|
|                      |               |     |     | Fase 1                             |  | Fase 2   |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      | Medidas                   |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               |     |     | Acción 1                           |  | Acción n |  | Acción 1              |  | Acción n |  | Indicador                | Un medida | Magnitudes Sin/Con | Neto | Ftrans                    | Magnitudes Sin/Con | Neto | Val efecto | Imp Total        | MCI | MCn | Valoración efecto MC | Imp Total MC | Importancia final | Magnitud final |
| Factor UIP           |               |     |     |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
| Sistema a            | Subsistema a1 | F1  | P1  |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F2  | P2  |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      | Subsistema a2 | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
| Sistema b            | Subsistema b1 | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      | Subsistema b2 | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | F.. | P.. |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
|                      |               | Fn  | Pn  |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |
| Totales              |               |     |     |                                    |  |          |  |                       |  |          |  |                          |           |                    |      |                           |                    |      |            |                  |     |     |                      |              |                   |                |

Fuente: Elaboración propia a partir de Conesa 2010

Figura 1-9.: Matriz de Evaluación Conesa

## 1.4. Comentario sobre la EIA

De la **Evaluación de Impacto Ambiental -EIA-** hay que decir que es un instrumento básico para cumplir con los conceptos y lineamientos del desarrollo sostenible. La EIA es un medio para que los proyectos se desarrollen teniendo en cuenta los efectos, tanto negativos como positivos, que ocasionan sobre el medio ambiente. A pesar de la variedad de definiciones en los conceptos relacionados con la EIA, se puede llegar a una definición concisa de lo que es la EIA: un proceso para **identificar, valorar, prevenir y comunicar los impactos ambientales**. Para cumplir exitosamente todo el proceso, se cuenta con múltiples metodologías, entre las cuales, de primera impresión, no hay alguna que se pueda establecer como la *mejor*. Se pueden realizar agrupaciones de metodologías similares, las cuales se pueden clasificar, ofreciendo un panorama amplio de cómo se ejecuta una EIA. Aunque hay metodologías para tipos de proyectos específicos, las más usadas suelen ser transversales a cualquier tipo de proyecto. Cada una se puede, *y se debe*, adaptar para desarrollar la EIA de manera óptima respecto a cada proyecto.

De este capítulo se puede concluir que las metodologías para el desarrollo de la EIA han tenido una evolución importante. Se cuenta con un portafolio amplio, dependiendo de las necesidades y requisitos, tanto de la autoridad ambiental como del proponente del proyecto. Esta evolución facilita el desarrollo de la EIA al incorporar nuevas tecnologías, como las de análisis de bases de datos, mapas dinámicos, simulaciones, entre otros. Como en muchos otros campos, es evidente que el uso de la informática va a optimizar el desarrollo de la EIA, incluyendo más datos, que por procesos de análisis se conviertan en información útil para tener proyecciones con márgenes de error pequeños y para tomar decisiones fundamentadas.

Generalmente, en los proyectos que por ley deben realizar una EIA, se encuentra la infraestructura eléctrica. Es importante destacar que no se encuentran metodologías específicas para el sector eléctrico, sino generales que se van adaptando en los proyectos. Surge entonces la pregunta de cuál es la *mejor* metodología de EIA para proyectos del sector eléctrico. La respuesta no se puede encontrar aún, pues el análisis de este capítulo muestra que la EIA tiene múltiples formas de realizarse de acuerdo a factores como requerimientos legislativos, parámetros del proyecto, tiempo e información disponible, impactos típicos entre otros.

Respecto a esta parte reglamentaria y a los conceptos de EIA y EsIA, lo común es encontrar que la EIA es una parte del EsIA. El Estudio de Impacto Ambiental es un documento que contiene, entre otros<sup>12</sup>, información del proyecto, caracterización del ambiente, identificación y valoración de impactos (EIA), y Plan de Manejo Ambiental. Es imprescindible que la EIA no sea un punto aislado dentro del EsIA: debe tener una articulación fuerte con las partes precedentes y las posteriores. Por este motivo, y los otros expuestos anteriormente, se concluye preliminarmente que la metodología Cualitativa de Conesa (tipo AD HOC) tiene un proceso integral y responde muy bien a los requisitos de la EIA. Los puntos reglamentarios-legislativos se estudiarán en el Capítulo 2.

---

<sup>12</sup>En Colombia, contenido de acuerdo a los Términos de Referencia, Sección 2.2.5



## 2. Legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental

### 2.1. Introducción

Para su correcto funcionamiento, los países han incorporado la EIA a la legislación como un sistema. Este es el encargado, principalmente, de identificar los impactos negativos de los proyectos sobre el medio ambiente. Para lograrlo, se estructuran organismos que realizan el seguimiento a todo el proceso, tal como se vio en la Figura 1-2. A estas se les conoce como Autoridades Ambientales. A partir de una ley superior, generalmente la ley ambiental, se establece un sistema de EIA. En este sistema se describen los procedimientos e instrumentos legales para obtener una licencia ambiental. Esta licencia es requerida por ciertos proyectos (clasificados en sectores) como requisito previo para dar inicio a la construcción. Cada país tiene estrategias diferentes para implementar su sistema de EIA. Sin embargo, el común denominador y punto sobresaliente son los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA). Un EsIA, es un documento que describe el desarrollo de un proyecto, identificando y comunicando los posibles efectos de la propuesta sobre el medio ambiente[93]. La legislación le da a la EIA lineamientos para su implementación, y de cierta forma le da libertad para desenvolverse.

Un objetivo de este trabajo es comparar la legislación colombiana de la EIA y la infraestructura eléctrica a nivel internacional. Para ello, primero se determina el estado actual en Colombia: a partir de la Ley General Ambiental se establece el marco reglamentario de la EIA en Colombia y sus especificaciones para el sector eléctrico. Se analiza la legislación más relevante (en la que se encuentran leyes, decretos, términos de referencia, manuales, guías, entre otros.) para realizar un diagnóstico de la situación actual de la legislación de EIA para el sector eléctrico.

Después de establecer una base para Colombia, se establece una metodología para revisar otros países y finalmente compararlos con Colombia. Se seleccionan los países suramericanos, debido a las similitudes en términos de geografía, desarrollo histórico, condición social y sector eléctrico. De manera complementaria, a partir de algunos puntos que se encontraron en el desarrollo del marco conceptual, se estudian algunos otros casos internacionales aislados. La metodología para esta etapa es una búsqueda básica sobre la legislación EIA y el sector eléctrico, resaltando algunos puntos que llaman la atención.

Finalmente, este capítulo termina con un análisis-resumen de lo que se encontró a nivel Colombia e internacional. Se establecen algunos puntos que podrían mejorar el desarrollo de la EIA a nivel nacional.

## 2.2. Colombia

Para el caso Colombiano, se inicia revisando la Ley General Ambiental, notando un gran número de artículos que han sido actualizados, incluso en múltiples ocasiones. A partir de esto se genera una línea de tiempo en la cual se aprecia cómo ha ido evolucionando la legislación hasta la actualidad (2012). Para cada elemento importante de esta línea se realiza un análisis así como una breve exposición de su objetivo y contenido. El estudio de la legislación será la base del diagnóstico del sistema EIA colombiano.

### 2.2.1. Antecedentes

En la Tabla **2-1** se encuentra el desarrollo histórico más relevante de la legislación respecto al medio ambiente, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y el sector eléctrico en Colombia. La legislación ambiental en Colombia se basa en la Ley 99 de 1993. Con esta ley se creó el Ministerio del Medio Ambiente, el cual actualmente (año 2012) se denomina Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)[43]. El objetivo principal del MADS es *asegurar la adopción y ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos respectivos, en orden a garantizar el cumplimiento de los deberes y derechos del Estado y de los particulares en relación con el ambiente y el patrimonio natural de la Nación* [53]. En Colombia existe la figura de **Licencia Ambiental**, la cual fue pensada por primera vez por Simón Bolívar, evolucionando hasta la actualidad (ver Tabla **2-1**, en la Sección **2.2.3** se desarrolla con mayor profundidad este tema). La Ley 99 dispone un título completo respecto de las licencias, las cuales se obtienen mediante la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA).

El marco legislativo de la EIA ha ido creciendo mediante la formalización de las guías ambientales y de los términos de referencia. Las Guías Ambientales, cuya primera versión se remonta a 1997, se diseñaron de manera indicativa para acompañar el desarrollo de los EsIA (ver Sección **2.2.10**). Para fortalecer las Guías, se formularon unos Términos de Referencia, los cuales se venían desarrollando desde la década de los 90 (en la sección **2.2.5** se profundiza en los términos de referencia). Así mismo, existen manuales para la presentación y evaluación de los EsIA, como mecanismo de estandarización del proceso. En las secciones siguientes se estudian los principales elementos de la legislación ambiental de EIA con referencia al sector eléctrico.

El funcionamiento del sistema eléctrico colombiano se rige principalmente por la regulación de la CREG<sup>1</sup>. Sin embargo, la CREG no tiene responsabilidades en temas ambientales para el sector. Por otra parte, el planeamiento está a cargo de la UPME<sup>2</sup>, quienes han incluido temas ambientales en sus planes de expansión (ver Sección **122**).

---

<sup>1</sup>CREG: Comisión Reguladora de Energía y Gas. Ver Sección **3.3**.

<sup>2</sup>UPME: Unidad de Planeación Minero Energética. Ver Sección **3.3**.

**Tabla 2-1.:** Desarrollo histórico legislación en Colombia

| <b>Año</b>  | <b>Hecho</b>   |
|-------------|--|
| <b>1829</b> | Norma sobre bosques. Simón Bolívar, Presidente de la República, hablando de los bosques de Colombia, teniendo en consideración: “Que por todas partes hay un gran exceso en la extracción de maderas, tintes, quinas y demás sustancias, especialmente en los bosques pertenecientes al Estado, causándole graves perjuicios”; decretó: “. . . que ninguna persona pueda sacar de los bosques baldíos, o del Estado, madera preciosas y de construcción de buques para el comercio, sin que preceda licencia por escrito del gobernador de la provincia respectiva.” |
| <b>1954</b> | Corporación autónoma regional del Valle del Cauca  |
| <b>1968</b> | Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente - INDERENA  |
| <b>1974</b> | Decreto 2811 de 1974, Código de los recursos naturales   |
| <b>1979</b> | Ley 09 de 1979, Código sanitario nacional  |
| <b>1989</b> | 19 Corporaciones autónomas regionales (75 % población)   |
| <b>1991</b> | Última Constitución Nacional   |
| <b>1991</b> | Primera política ambiental nacional  |
| <b>1993</b> | Ley 99 de 1993, Ley ambiental nacional   |
| <b>1994</b> | Ley 142 de 1994, Ley de los Servicios Públicos. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.   |
| <b>1994</b> | Ley 143 de 1994, Ley Eléctrica. Se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en Colombia.   |
| <b>1994</b> | Decreto 1753 de 1994, reglamentación de las Licencias Ambientales  |
| <b>1997</b> | Resolución 669 de 1997, términos de referencia genéricos para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para centrales termoeléctricas  |
| <b>1997</b> | Resolución 671 de 1997, términos de referencia genéricos para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para centrales hidroeléctricas  |
| <b>1997</b> | Resolución 673 de 1997, términos de referencia genéricos para la elaboración del EsIA para centrales hidroeléctricas   |
| <b>1998</b> | Decreto 1320 de 1998, consulta previa con las comunidades indígenas y negras, como requisito para el licenciamiento ambiental (participación ciudadana)  |
| <b>1999</b> | Decreto 1120 de 1999, Normas para suprimir trámites, facilitar la actividad de los ciudadanos, contribuir a la eficiencia y eficacia de la Administración Pública y fortalecer el principio de la buena fe.  |
| <b>2000</b> | Decreto 266 de 2000, normas para suprimir y reformar las regulaciones, trámites y procedimientos.  |
| <b>2002</b> | Decreto 1728 de 2002, reglamentación de las Licencias Ambientales  |
| <b>2003</b> | Decreto 1180 de 2003, reglamentación de las Licencias Ambientales  |
| <b>2005</b> | Decreto 1220 de 2005, reglamentación de las Licencias Ambientales  |
| <b>2005</b> | Decreto 1552 de 2005, adopción manuales para evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de Proyecto   |
| <b>2005</b> | Resolución 1023 de 2005, Por la cual se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación.   |
| <b>2006</b> | Decreto 500 de 2006, reglamentación de las Licencias Ambientales   |

Continúa en la página siguiente

Tabla 2-1 – continuación

| Año  | Hecho   |
|------|---|
| 2006 | Resoluciones 1253-1257, 1259, 1269-1290, 1292 y 1293. Términos de referencia para diferentes sectores. Para la infraestructura eléctrica: 1255, 1280, 1284, 1287 y 1288. Ver Sección 2.2.5  |
| 2010 | Decreto 2820 de 2010, por el cual se reglamentan las licencias ambientales (ver Sección 2.2.3)  |
| 2010 | Resolución 18 0947 de 2010, por la cual se adopta el factor de emisión de gases con efecto invernadero para los proyectos de generación de energía eléctrica conectados al SIN <sup>3</sup> |
| 2011 | Ley 1450 de 2011, Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, por el cual se actualizan algunos artículos de la Ley 99/93  |
| 2011 | Decreto 3573 de 2011, por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)   |

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2. Ley General Ambiental de Colombia. Ley 99 de 1993

Esta ley ordena la creación del Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y dicta otras disposiciones.

Aunque varios elementos de esta ley se han cambiado desde 1993, muchos artículos continúan siendo vigentes. Respecto al impacto ambiental y a la Evaluación de Impacto Ambiental, esta ley establece:

- *Art. 1. Principios.* 11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.
- *Art. 50 De la Licencia Ambiental.* Definición. Ver Sección 2.2.3 para información actualizada.
- *Art. 52 Competencia del Ministerio del Medio Ambiente.* “**3. Construcción de presas, represas, o embalses con capacidad superior a doscientos millones de metros cúbicos, y construcción de centrales generadoras de energía eléctrica que excedan de 100.000 kW de capacidad instalada así como el tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica y proyectos de exploración y uso de fuentes de energía virtualmente contaminantes.**” [40]
- *Art. 57. Del Estudio de Impacto Ambiental.* Definición. Ver Sección 2.2.4 para información actualizada.
- *Art. 58. Del Procedimiento para Otorgamiento de Licencias Ambientales.* El interesado en el otorgamiento de una licencia ambiental presentará ante la autoridad ambiental competente la solicitud acompañada del estudio de impacto ambiental correspondiente para su evaluación.

<sup>3</sup>Sistema Interconectado Nacional SIN

En ese momento, la Ley 99 de 1993 estableció algunos proyectos de infraestructura eléctrica que requerían licencia ambiental por parte del Ministerio. De acuerdo con el Art. 52, punto 3, los proyectos de generación a gran escala y líneas de transmisión; es decir, proyectos de gran tamaño. Los límites para definir si un proyecto debía obtener una licencia eran una generación mayor de 100 MW, embalses mayores de 200.000.000 m<sup>3</sup> y líneas de transmisión del SIN. Esto ha sido actualizado en varias ocasiones, siendo el Decreto 2820 de 2010, lo que se encuentra vigente.

Por otra parte, el Art. 45 de la Ley 99/1993 establece las transferencias del sector eléctrico, más específicamente de centrales de generación, bien sean hidroeléctricas o térmicas. Las transferencias van destinadas a las Corporaciones Autónomas Regionales y a los municipios que se relacionan con la central. Este artículo ha sido actualizado por el Decreto 1933/1994, 4629/2010 y por el Art. 222 de la Ley 1450 de 2011 (Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014).

### 2.2.3. Licencia Ambiental - Decreto 2820 de 2010

La legislación vigente respecto de las licencias ambientales es el Decreto 2820 de 2010 [51]. Los puntos relevantes son:

- *Art. 3. Concepto y alcance de la licencia ambiental.* La Licencia Ambiental, es la **autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad**, que de acuerdo con la ley y los reglamentos **pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje;**... La Licencia Ambiental deberá obtenerse previamente a la iniciación del proyecto, obra o actividad....
- *Art. 7. Proyectos, obras y actividades sujetos a licencia ambiental.* Estarán sujetos a licencia ambiental únicamente los proyectos, obras y actividades que se enumeran en los artículos 8o y 9o del presente decreto.....
- *Art. 8. Competencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.* El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades:
  - La construcción de presas, represas o embalses, cualquiera sea su destinación con capacidad mayor de 200 millones de metros cúbicos de agua.
  - En el sector eléctrico:
    - a. La construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW;

- b. Los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes<sup>4</sup> con capacidad instalada superior a 3MW;
  - c. El tendido de las líneas de transmisión del Sistema Nacional de Interconexión Eléctrica (SIN), compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 KV.
- Los proyectos para la generación de energía nuclear.
  - Otros sectores y proyectos, tales como: minero, hidrocarburos, obras públicas, aeropuertos, entre otros.
- *Art. 9. Competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales.* Otorgarán o negarán la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades<sup>5</sup>, que se ejecuten en el área de su jurisdicción.
    - 3. La construcción de presas, represas o embalses con capacidad igual o inferior a 200 millones de metros cúbicos de agua.
    - 4. En el sector eléctrico:
      - a. La construcción y operación de centrales generadoras con una capacidad mayor o igual a 10 y menor de 100 MW, diferentes a las centrales generadoras de energía a partir del recurso hídrico;
      - b. El tendido de líneas del sistema de transmisión conformado por el conjunto de líneas con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220 KV y que no pertenecen a un sistema de distribución local<sup>6</sup>
      - c. La construcción y operación de centrales generadoras de energía a partir del recurso hídrico con una capacidad menor a 100 MW; exceptuando las pequeñas hidroeléctricas destinadas a operar en Zonas No Interconectadas (ZNI) y cuya capacidad sea igual o menor a 10 MW;

Respecto de los sectores y/o actividades que están obligados a obtener una Licencia Ambiental, el número ha reducido considerablemente desde la primera lista hasta el Decreto 2820 [183].

## Obtención de la Licencia Ambiental

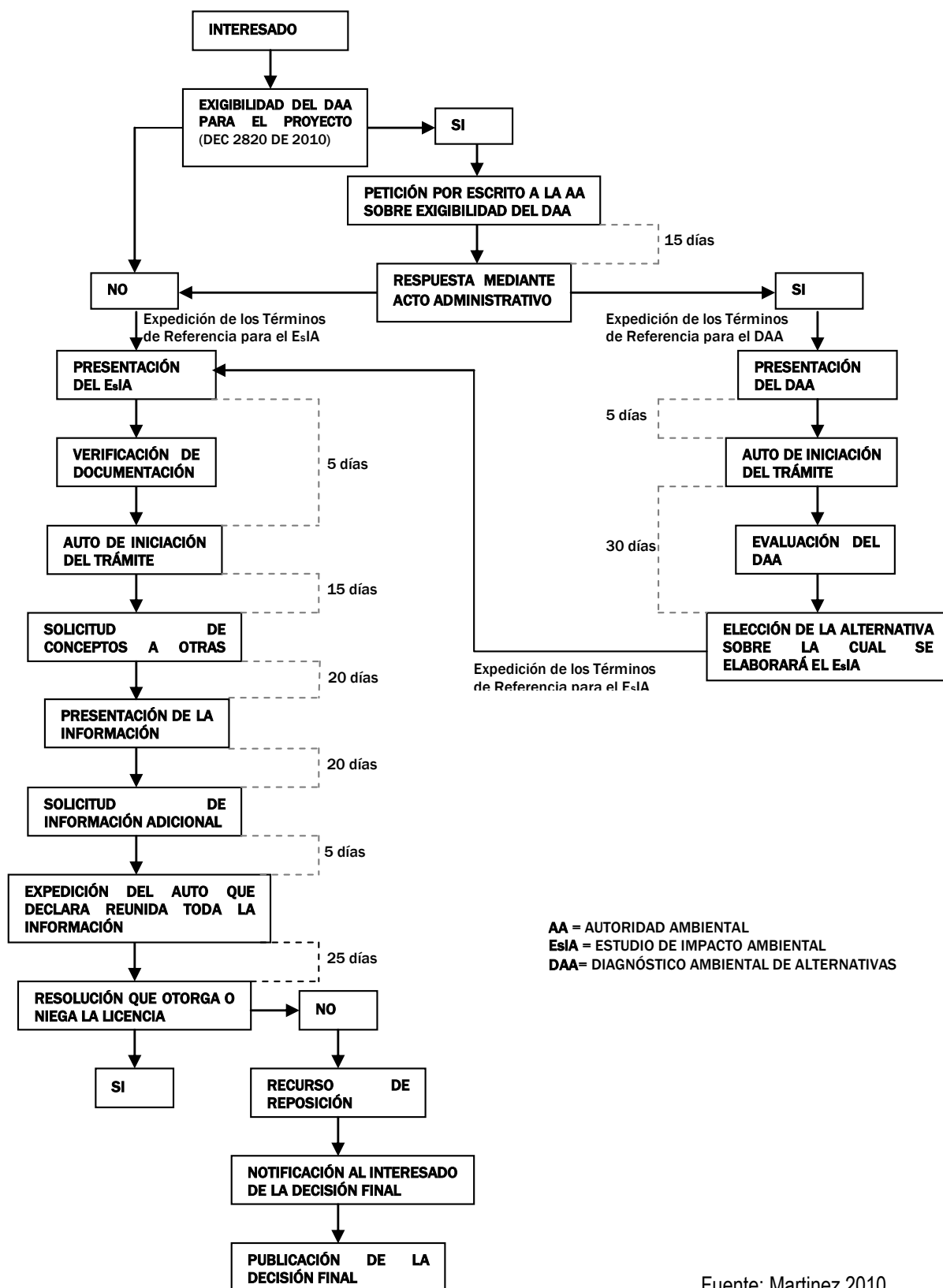
En la Figura 2-1 se observa el proceso general para obtener la licencia ambiental de acuerdo al Decreto 2820.

---

<sup>4</sup>No se establece que es *virtualmente contaminante*

<sup>5</sup>Son en esencia los mismos sectores/proyectos, pero con parámetros y límites diferentes.

<sup>6</sup>Sistema de distribución con tensión menor a 220 kV.



Fuente: Martínez 2010

Figura 2-1.: Proceso general para obtener la licencia ambiental

### 2.2.4. Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)

En el contexto colombiano, según el Decreto 2820 de 2010<sup>7</sup>:

- *Art. 21. Del Estudio de Impacto Ambiental.* Es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental.... Este estudio deberá ser elaborado de conformidad con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (Sección 2.2.7) y a los términos de referencia (Sección 2.2.5).
- *Art. 22. Criterios para la evaluación del Estudio de Impacto Ambiental.* La autoridad ambiental competente evaluará el estudio con base en los criterios generales definidos en el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales de Proyectos. Así mismo deberá verificar que este cumple con el objeto y contenido establecidos en los términos de referencia.

El esquema del contenido de un EsIA se define de acuerdo a los términos de referencia (ver Sección 2.2.5). El resultado y análisis del EsIA es lo que va a permitir a la autoridad ambiental competente a decidir si otorga o no una licencia ambiental. Este documento no tiene ninguna característica específica respecto de los proyectos de infraestructura eléctrica.

### 2.2.5. Términos de Referencia

En el año 2006 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) complementó la legislación ambiental respecto del licenciamiento ambiental con las resoluciones 1253-1257, 1259, 1269-1290, 1292 y 1293. Tiempo después publicó otras resoluciones: 1559 de 2009 y 1543-1544 de 2010. En estas resoluciones se acogen los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para determinados sectores.

Los Términos de Referencia son:

Los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala para la elaboración y ejecución de los estudios ambientales que deben ser presentados ante la autoridad ambiental competente.

Los estudios ambientales se elaborarán con base en los términos de referencia que sean expedidos por el MADS. La autoridad ambiental competente podrá adaptarlos a las particularidades del proyecto, obra o actividad. El solicitante de la licencia ambiental deberá utilizar los términos de referencia, de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto, obra o actividad que pretende desarrollar.  
[48]

Los términos de referencia tienen la siguiente estructura común, donde se encuentran los elementos constitutivos de los EsIA:

<sup>7</sup>Para otras definiciones, ver la Sección 1.2.4.



**Resumen Ejecutivo** El EsIA debe tener un resumen ejecutivo, el cual sintetiza el proyecto propuesto, las características del área de influencia, obras y acciones de la construcción, el método de evaluación ambiental, identificación de los impactos, zonificación, medidas de manejo ambiental, entre otros. Además se especifican los costos del plan de manejo y el cronograma de implementación de las medidas de manejo.

**Generalidades** En este capítulo se incluyen los aspectos generales que enmarcan, ubican y definen el proyecto. Contiene: antecedentes, metodología de trabajo, descripción de la información utilizada y un resumen del **marco legal** de referencia aplicable según las características del proyecto.

**Descripción** Se determina la localización, delimitando la zona y sus respectivos accesos. Por otra parte aquí se describen las **características técnicas** del proyecto.

**Caracterización** El Estudio debe contener la caracterización ambiental del área de influencia del proyecto. “Teniendo en cuenta que los elementos de los diversos componentes ambientales del área de interés hacen parte de unidades mayores dentro de las cuales se explica su funcionalidad y en donde se presenta otro nivel de interrelaciones, es indispensable abordar el estudio de tales unidades, de manera que permita adelantar el análisis de los impactos del proyecto con perspectiva integradora, dentro de un contexto regional, por cuanto, la descripción y análisis de algunos de los elementos de los componentes ambientales, como: clima, unidades de suelo, cobertura vegetal, paisaje, redes de mercado y tendencias de desarrollo entre otros, solo adquieren sentido en dicho contexto.”

**Demanda de recursos naturales** Se precisa el uso de materiales de construcción, aguas, vertimientos, ocupación de cauces, aprovechamiento forestal, emisiones y manejo y disposición de residuos sólidos

**Zonificación ambiental** “Con base en la caracterización ambiental del área de estudio y la legislación vigente se deberá efectuar un análisis integral de sus componentes abióticos, bióticos y sociales, con el fin de realizar la zonificación ambiental en donde se determinen las potencialidades, fragilidades y sensibilidad ambiental del área en su condición sin proyecto.”

**Evaluación Ambiental** Identificación y evaluación de impactos con y sin proyecto<sup>8</sup>. Consiste en la confrontación de las actividades del proyecto con el ambiente donde va a realizarse, “con la finalidad de identificar, describir, evaluar y cuantificar los posibles impactos significativos. Con base en este criterio se analizarán todas las fases del proyecto: diseño, construcción, operación, desmantelamiento y restauración.”

**Zonificación** Se determinan las áreas de exclusión, de intervención con restricciones y las de intervención con manejos adecuados. La zonificación debe estar referida a los componentes físicos, bióticos y sociales.

---

<sup>8</sup>No establece ninguna metodología en especial, el único requerimiento es que tenga un análisis sin proyecto y con proyecto.

**Plan de Manejo Ambiental** “El Plan de Manejo Ambiental (P.M.A.) es el resultado final del Estudio de Impacto Ambiental y la zonificación ambiental. En este sentido, deberá contener los diferentes programas tendientes a prevenir, controlar, mitigar, corregir y compensar los impactos negativos a generarse en cada una de las etapas de cada proyecto en particular, los cuales deberán integrarse al plan global del proyecto, para asegurar el manejo adecuado de los recursos y su efectivo cumplimiento.”

**Plan de seguimiento y monitoreo** Los aspectos básicos que contiene son: Condiciones iniciales; cumplimiento de normas ambientales; componentes a monitorear y seguimiento del comportamiento. Incluye además una evaluación Expost<sup>9</sup> de la gestión ambiental, para hacer un balance crítico para determinar la pertinencia, eficiencia y eficacia. Tiene indicadores de tipo físico-biótico y social.

**Plan de contingencia** “El plan de contingencias comprende el diseño de programas que designen las funciones y el uso eficiente de los recursos para cada una de las personas o entidades involucradas; programas operativos en los que se establezcan los procedimientos de emergencia para una rápida movilización de recursos humanos y técnicos y así poner en marcha las acciones inmediatas de respuesta; y un sistema de información, que consiste en la elaboración de una guía de procedimientos para lograr una efectiva comunicación con el personal que conforma las brigadas y las entidades de apoyo externo.”

En la Tabla 2-2 se encuentran las resoluciones de los Términos de Referencia vigentes. Estas resoluciones tienen un esquema similar. Se reducen a acoger los términos de referencia para determinada actividad según sus archivos anexos. No son documentos extensos. La información importante a tener en cuenta son los anexos.

**Tabla 2-2.:** Términos de Referencia para Estudios de Impacto Ambiental en Colombia

| Resolución | Sector   |
|------------|--|
| 1253/2006  | Terminales entrega y estaciones / transferencia /hidrocarburos     |
| 1254/2006  | Importación / pesticidas / tipo biológico para uso agrícola.       |
| 1255/2006  | DAA proyectos puntuales.   |
| 1259/2006  | Introducción y cría/parentales/especies exóticas.                  |
| 1269/2006  | Construcción y operación / refinerías y desarrollos petroquímicos. |
| 1270/2006  | Traslado/agua/una cuenca hidrográfica a otra.                      |
| 1271/2006  | Construcción/vías férreas y variantes/la red férrea nacional       |
| 1272/2006  | Dragado/canales/acceso a puertos marítimos.                        |
| 1273/2006  | Dragado/profundización/canales navegables y en deltas.             |
| 1274/2006  | Construcción y operación/rellenos sanitarios                       |
| 1275/2006  | Conducción / fluidos por ductos en el sector /hidrocarburos        |
| 1276/2006  | Terminales aéreas  |

Continúa en la página siguiente

<sup>9</sup>Después de finalizar el proyecto.

**Tabla 2-2 – continuación**

| <b>Resolución</b> | <b>Sector</b>   |
|-------------------|---|
| 1277/2006         | DAA proyectos lineales  |
| 1278/2006         | Construcción y operación/plantas/agroquímicos   |
| 1280/2006         | <b>Construcción y operación / centrales hidroeléctricas generadoras</b>                       |
| 1281/2006         | Construcción y ampliación/puertos marítimos/gran calado.                                      |
| 1282/2006         | Cierre/humedales activos  |
| 1283/2006         | Túneles y sus accesos.  |
| 1284/2006         | <b>Construcción/presas, represas y embalses.</b>  |
| 1285/2006         | Construcción y operación/plantas/tratamiento/aguas residuales domesticas.                     |
| 1286/2006         | Construcción y operación/distritos/riego y/o drenaje  |
| 1287/2006         | <b>Construcción y operación/centrales térmicas generando energía eléctrica mayor a 100 MW</b> |
| 1288/2006         | <b>Tendido/líneas/transmisión eléctrica.</b>  |
| 1289/2006         | Construcción/carreteras.  |
| 1290/2006         | Construcción/puertos fluviales.   |
| 1292/2006         | Actividades/caza comercial  |
| 1293/2006         | Introducción y aprovechamiento/especies exóticas  |
| 1559/2009         | Construcción de segundas calzadas en terreno plano a semiondulado                             |
| 1543/2010         | Explotación de hidrocarburos  |
| 1544/2010         | Perforación exploratoria de hidrocarburos   |

Fuente: Elaboración propia

En el sector eléctrico hay 3 subcategorías: **hidroeléctricas, térmicas y líneas de transmisión**. Además, en el sector energético se habla de **presas**, las cuales son necesarias en las grandes centrales hidroeléctricas.

**Tabla 2-3.: Términos de Referencia sector eléctrico**

| <b>Resolución</b> | <b>Código</b> | <b>Documento</b>   |
|-------------------|---------------|--|
| 1255 de 2006      | DA-TER-4-01   | Términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para proyectos puntuales  |
| 1277 de 2006      | DA-TER-3-01   | Términos de referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas para proyectos lineales   |
| 1280 de 2006      | HE-TER-1-01   | Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de centrales hidroeléctricas generadoras  |
| 1284 de 2006      | PR-TER-1-01   | Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental, para la construcción de presas, represas o embalses con capacidad mayor de 200 millones de metros cúbicos de agua |

Continúa en la página siguiente

Tabla 2-3 – continuación

| Resolución   | Código      | Documento  |
|--------------|-------------|--|
| 1288 de 2006 | LI-TER-1-01 | Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para el tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte, operen a tensiones iguales o superiores a 220 KV |
| 1287 de 2006 | TE-TER-1-01 | Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de centrales térmicas generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW  |

Fuente: Elaboración propia

Realizando una comparación entre estos documentos se encuentra que en esencia es lo mismo. A pesar que cada tipo de proyecto tiene sus características, los cambios entre documentos no son significativos. Realizando una comparación con otro sector, por ejemplo refinerías, los cambios ya son más notorios, pero no determinantes. De nuevo se hace la referencia a que en la sección correspondiente a la Evaluación de Impacto Ambiental, no se define ninguna metodología pero se establece como requisito que debe ser cuantitativa y cualitativa.

### 2.2.6. Diagnóstico Ambiental de Alternativas

El Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA, tiene como objeto suministrar la información para evaluar y comparar las diferentes opciones que presente el peticionario. De acuerdo al Decreto 2820 de 2010:

- *Art. 18. Exigibilidad del Diagnóstico Ambiental de Alternativas.* Los interesados en los proyectos, obras o actividades que se describen a continuación deberán solicitar pronunciamiento a la autoridad ambiental competente sobre la necesidad de presentar el Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA (Se definen múltiples tipos de proyectos en diversos sectores. Respecto al sector eléctrico):
  - a. La construcción de presas, represas o embalses.
  - b. La construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica.
  - c. Los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad instalada superior a 3MW.
  - d. El tendido de líneas nuevas de transmisión del Sistema Nacional de Interconexión Eléctrica.
  - e. Los proyectos de generación de energía nuclear.
- *Art. 19. Contenido básico del Diagnóstico Ambiental de Alternativas.* El Diagnóstico Ambiental de Alternativas deberá ser elaborado de conformidad con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (Sección 2.2.7) y a los términos de referencia (Sección 2.2.5) expedidos para el efecto...

- *Art. 20. Criterios para la Evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA.* De acuerdo al Manual de Evaluación de Estudios Ambientales de Proyectos, Sección 2.2.8.

### 2.2.7. Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales

Se trata de un documento que determina los requisitos generales para presentar los Estudios Ambientales. De este documento es importante notar que no se establece nada específico sobre infraestructura eléctrica, pero se establece que se requieren evaluaciones cualitativas y cuantitativas (como la metodología Cualitativa). La estructura del documento es:

**Fuentes de Información** Listado de fuentes de información oficiales, requeridas para determinar las líneas base.

**Caracterización Línea Base** Caracterización de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, que permitirán determinar las condiciones ambientales iniciales.

**Zonificación Ambiental** Elaboración de mapas temáticos, tendientes a definir las áreas zonificadas.

**Evaluación de Impactos Ambientales** Identificar, describir y evaluar los posibles impactos sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, que puedan originar las actividades relacionadas con el proyecto en estudio. No establece una metodología especial, pero se requiere una evaluación cuantitativa y cualitativa. Por otra parte se determina la evaluación económica del proceso EIA.

**Zonificación de Manejo** Evaluación de la vulnerabilidad de las unidades ambientales, de manera cualitativa y cuantitativa

**Plan de Manejo Ambiental** A partir de la evaluación ambiental desarrollada para el proyecto se deben formular las estrategias, programas y proyectos orientados al establecimiento de medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación

**Plan de Monitoreo y Seguimiento** Determinación de efectos ocasionados por el proyecto sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, registro periódico de las actividades ambientales realizadas, ejecución de mediciones necesarias con el fin de detectar cambios relevantes y planteamiento las medidas correctivas correspondientes

**Plan de Contingencia** Valoración de riesgos y presentación de lineamientos para prevenir, atender y controlar adecuada y eficazmente una emergencia

**Otros Planes** Plan de abandono y restauración y Plan de inversión del 1%

**Especificación de presentación del documento** Características de forma para realizar el documento. Es el grueso de este documento y se especializa en una estandarización de la presentación de la información cartográfica.

### 2.2.8. Manual Evaluación Estudios Ambientales

Es un documento de trabajo conjunto entre el MAVDT y el Convenio Andrés Bello<sup>10</sup> (CAB) en 2002. El objetivo de este documento es: “establecer y definir criterios técnicos y procedimentales para la evaluación de estudios ambientales presentados a las diferentes autoridades ambientales como parte del proceso de licenciamiento ambiental”[55].

Este documento es un gran esfuerzo para estandarizar el proceso de Evaluación de Impacto en Colombia. Sin embargo, es un manual genérico, transversal a todo tipo de actividades. No incluye nada especial sobre la infraestructura eléctrica (sólo incluye un anexo específico para producción e importación de plaguicidas químicos). Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, como es común, no establece una metodología como recomendada; sólo define los componentes que serán evaluados.

La estructura del documento es:

**Introducción** Presentación del documento, objetivos, alcance, contenido y uso de los iconos

**Aspectos organizacionales** Organización encargada de licenciamiento, enfoque del evaluador, lineamientos de evaluación, responsabilidades del evaluador, equipo de evaluación

**Aspectos operativos** Proceso general para otorgar licencia ambiental y establecimiento de planes de manejo ambiental. Introducción a los instructivos.

**Instructivo A. Definición del estudio ambiental requerido** Se debe aplicar desde el momento en que al evaluador se le encarga atender una petición de trámite ambiental, con el fin de precisar si para el proyecto, obra o actividad específico se debe presentar en primera instancia un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), o un Plan de Manejo Ambiental (PMA). El evaluador deberá posteriormente informar su decisión mediante un concepto técnico y definir los respectivos términos de referencia.

**Instructivo B. Evaluación de estudios ambientales** Se debe aplicar desde el momento en que al evaluador se le asigna un estudio ambiental para su evaluación, luego de haber realizado la revisión procedimental de carácter legal, con el fin de establecer: *a)* si el estudio suministra la información necesaria para poder toma decisiones; *b)* si el estudio identifica, interpreta, predice y previene las consecuencias de la ejecución de un proyecto, obra o actividad sobre la salud y el bienestar humano, los ecosistemas y los bienes de interés cultural y patrimonial, y *c)* si el proyecto, obra o actividad es ambientalmente viable. Los procedimientos y los criterios presentados son aplicables para los siguientes casos: Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), Plan de Manejo Ambiental (PMA), solicitud de modificación de licencia ambiental, solicitud de modificación del Plan de Manejo Ambiental, solicitud

---

<sup>10</sup>CAB es un organismo internacional, intergubernamental. Tiene por finalidad contribuir a ampliar y fortalecer el proceso dinámico de la integración de los Estados en los ámbitos educativo, cultural, científico y tecnológico, en beneficio de los estados miembro. Tiene presencia en casi todo Latinoamérica

del uso y aprovechamiento de los recursos naturales, y aquellos proyectos objeto de apelación a decisiones de otras autoridades ambientales.

**Instructivo C. Visita de campo para evaluaciones ambientales** Es un complemento al Instructivo B. Se puede aplicar en cualquier momento de la evaluación detallada con el fin de familiarizarse con el área del proyecto, hacer más efectiva la revisión de los datos ambientales presentados en el estudio y conocer directamente las características ambientales más representativas del área del proyecto a evaluar.

**Instructivo D. Elaboración de conceptos técnicos de evaluaciones ambientales** Se debe aplicar para elaborar conceptos técnicos como medio para la documentación y establecimiento de los términos de referencia de estudios ambientales, y para sustentar la recomendación acerca de la necesidad o no de presentar Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA o resultados de la evaluación técnica.

## Glosario y Bibliografía

Los instructivos tienen un esquema común:

**Objetivos** Descripción objetivo general

**Alcance** Descripción del momento de empleo

**Responsables** Definición de responsables

**Diagrama de flujo** Diagrama de flujo según pasos, alcance y herramientas complementarias

**Instrucciones** Descripción de los pasos del diagrama de flujo. Es la parte más importante. Por ejemplo, los pasos del Instructivo B, son:

1. Revisión de antecedentes técnicos y legales del proyecto
2. Revisión preliminar del estudio ambiental
3. Preparación de la lista de chequeo para evaluación de estudios ambientales y otras solicitudes
4. Evaluación detallada
5. Evaluación de solicitudes para el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales
6. Visita de campo
7. Solicitud de información a otras entidades
8. Análisis de resultados de la evaluación detallada del estudio ambiental
9. Bases para la elaboración del concepto técnico
10. Comunicación de resultados

**Anexos y Formatos** Para los requisitos puntuales de los pasos. Para el Instructivo B son:

- Verificación de participación de comunidades indígenas y/o negras en el estudio ambiental y ejecución de la consulta previa
- Algunos lineamientos para evaluaciones ambientales
- Características de los estudios ambientales que se deben tener en cuenta durante la evaluación
- Lista de chequeo para evaluación de estudios ambientales y otros requerimientos. Son 92 ítems a revisar.
- Criterios generales para evaluación de estudios ambientales y otras solicitudes. Son 62 a revisar.
- Metodología para evaluación de estudios de impacto ambiental relacionados con la producción e importación de plaguicidas químicos
- Propuesta para determinar la calidad de la presentación de los estudios ambientales

### 2.2.9. Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos

Este documento es un complemento al *Manual Evaluación Estudios Ambientales*. Su objetivo es:

Establecer y definir criterios técnicos y el procedimiento para el seguimiento ambiental de proyectos licenciados o con planes de manejo ambiental establecidos por la autoridad ambiental competente.[56]

La estructura del documento es muy similar al *Manual Evaluación Estudios Ambientales* (ver sección 2.2.8). Sin embargo el contenido específico es:

**Introducción** Presentación del documento, objetivos, alcance, contenido y uso de los iconos

**Aspectos organizacionales** Organización encargada de licenciamiento, funciones del coordinador de seguimiento, enfoque del encargado seguimiento, lineamientos de seguimiento, responsabilidades del Encargado Seguimiento Ambiental (ESA), conformación equipo de seguimiento ambiental, criterios y condiciones para visitas.

**Aspectos operativos** Proceso general de evaluación y seguimiento. Introducción a los instructivos.

**Instructivo E. Seguimiento ambiental de proyectos** El seguimiento ambiental se centra en la verificación de los compromisos asumidos, los que se denominan tareas ambientales. Los objetivos del seguimiento ambiental son:

1. Verificación del estado de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental.
2. Verificación cumplimiento de permisos, concesiones o autorizaciones ambientales
3. Verificación cumplimiento actos administrativos.



4. Análisis tendencias de la calidad del medio
5. Análisis efectividad de los programas que conforman el PMA, de los programas requeridos en los actos administrativos y de sus propuestas de actualización.

**Instructivo F. Visitas de seguimiento ambiental** Pasos por seguir y aspectos que se deben considerar durante la planificación y ejecución de la visita de seguimiento.

**Instructivo G. Elaboración de conceptos técnicos de seguimiento ambiental** Se debe aplicar para elaborar conceptos técnicos como medio para comunicar los resultados de la verificación del cumplimiento de los compromisos (tareas ambientales).

## Glosario y Bibliografía

### 2.2.10. Guías Ambientales

“Las guías ambientales son documentos técnicos de orientación conceptual, metodológica y procedimental para apoyar la gestión, manejo y desempeño ambiental de los proyectos, obras o actividades contenidos en las guías...”[49] .

La filosofía de las guías ambientales es[157]:

- Construir un referente de carácter técnico
- Contar con un instrumento de consulta y orientación
- Promover la Producción más Limpia
- Tener un proceso técnico concertado e interdisciplinario
- Contener lineamientos conceptuales, metodológicos y procedimentales
- Ser útil para Autoridades Ambientales, sectores, Ministerios, entidades descentralizadas, entes territoriales, consultores, sociedad civil, academia, inversionistas y aseguradores
- Fortalecer la planeación, manejo y control ambiental
- Acompañar la evaluación ambiental independiente de la exigibilidad de la Licencia Ambiental
- Buscar las mejores practicas empresariales admisibles por autoridades y regulados
- Exigir la calidad mínima ambiental
- Agilizar la elaboración de estudios
- Unificar criterios de evaluación y seguimiento
- Promover la Autogestión y Autorregulación

- Reunir experiencia de manejo y gestión ambiental

En 2005, el MADS y el IDEAM diseñaron un mecanismo para la evaluación de las guías ambientales[132]. Fue diseñado de manera tal que permitirá evaluar de forma cualitativa y cuantitativa la pertinencia y aplicabilidad de las guías. Se compone de preguntas abiertas, preguntas de afirmación o negación y preguntas de valoración. Estas corresponden a los siguientes criterios:

- Conocimiento
- Implementación
- Beneficios
- Ajustes
- Aplicabilidad

Se realizó también un Plan de Acción para la evaluación y actualización de las guías[133]. Sin embargo, los resultados no están disponibles al público.

Un compromiso del Convenio de Concertación para una Producción más Limpia de 1997 fue revisar, ajustar y oficializar los términos de referencia para los estudios ambientales (del sector eléctrico) y de igual forma, la elaboración de Guías Ambientales con el fin de apoyar la planeación, ejecución y seguimiento de los proyectos. En el Art. 3 de la resolución 1023 de 2005 del MAVDT se adoptan las guías para el **Sector Energético**:

- Guía ambiental para proyectos carboeléctricos.
- Guía de buenas prácticas en uso racional de la energía en el sector de la pequeña y mediana empresa
- Guía ambiental para proyectos de transmisión de energía eléctrica
- Guía ambiental para proyectos de distribución eléctrica
- Guía ambiental para termoeléctricas y procesos de cogeneración (parte aire y ruido)
- Guía ambiental para el subsector hidroeléctrico

De las anteriores guías, quizás la única que no es objeto de este trabajo es la de uso racional de energía. En las secciones siguientes se estudian las guías correspondientes. Si bien se ha hecho un esfuerzo para estandarizar los elementos de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia, estas guías se documentaron desde 1998 y adelante, por lo cual no son ni estándares ni actualizadas. Todas tienen estructuras diferentes, por lo cual es difícil una comparación global. En general, todas cuentan con la identificación de las actividades por fases y sus impactos y medidas de manejo asociadas. No obstante, no tienen los mismo componentes; por ejemplo, una cuenta con una descripción técnica de los proyectos, así como con la evaluación de la gestión ambiental, otra define el marco legislativo que aplica, así como un manejo de riesgos. La Tabla 2-4 presenta una comparación de la estructura de las guías. A continuación se presenta una breve revisión de las guías enumeradas anteriormente.

### 2.2.11. Guía Ambiental de Proyectos Carboeléctricos

Esta guía, de 1998, contiene temas ambientales en relación con las plantas carboeléctricas (PC). Su contenido es[44]:

**Análisis Ambiental de PC** Descripción técnica de los proyectos de PC, con sus principales componentes y tecnologías. Descripción de las fases de un proyecto de este tipo, tales como identificación, factibilidad, diseño, construcción y operación. Se define la matriz de identificación de impactos y se describen brevemente los impactos ambientales de las actividades de construcción y operación.

**Medidas de Manejo Ambiental** De acuerdo a los impactos identificados, se definen algunos parámetros para la zonificación. Así mismo se definen los planes de manejo para las fases de construcción y operación, para los distintos factores ambientales afectados, por ejemplo suelo, aire, agua, entre otros. Se establecen objetivos, impactos a mitigar o prevenir, criterios ambientales, sistemas de control, actividades y responsables.

**Monitoreo y seguimiento** Establece rutinas de monitoreo y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental (PMA). Para cada factor ambiental, se se tienen parámetros, definiendo sitios de muestreo y frecuencia de tomas, para realizar determinados procesos y análisis. Se dan lineamientos para la interventoría para el cumplimiento del PMA

**Evaluación de la Gestión Ambiental** Evaluación de la Gestión Ambiental en cuanto a la efectividad y eficacia de los planes y programas propuestos, o adoptados, con respecto a las metas inicialmente establecidas. Se identifican estrategias preventivas o correctivas. Se obtiene un indicador general de gestión ambiental (IGA).

#### Glosario y Bibliografía

### 2.2.12. Guía Ambiental para proyectos de Transmisión de energía eléctrica

Esta guía, de 1999, es una recopilación de información sobre temas ambientales referentes a la construcción de líneas de transmisión y de sus subestaciones asociadas: Su contenido es[46]:

**Introducción** Metodológicamente, implicó reconstruir las actividades técnicas requeridas para la ejecución de un proyecto de líneas y subestaciones de energía eléctrica de alta tensión, identificando su relación con el ambiente, posibles alteraciones e impactos significativos en el medio natural y social, durante las etapas de planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento.

**Objetivos** Disponer de un instrumento para orientar la gestión ambiental, durante las etapas de prediseño, diseño, construcción, operación, mantenimiento, ampliación y/o modificación y desmantelamiento de proyectos de transmisión de energía eléctrica. Los objetivos específicos son: Unificar criterios y procedimientos, describir actividades e

identificar los impactos, definir y recomendar las acciones y medidas necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por los proyectos, definir y proponer directrices para la formulación del plan de contingencias, y finalmente, presentar el marco legislativo aplicable.

**Instrucciones** Se presenta la estructura de los capítulos y la forma para consultar sus diferentes secciones (especialmente para su versión digital). El eje estructural de la guía es la relación Proyecto - Ambiente - Impacto - Medida de manejo.

**Marco Jurídico** Se presenta la constitución, convenios, políticas, leyes, lineamientos, decretos y normas sobre aspectos ambientales y las líneas de transmisión y subestaciones (vigentes en 1999)

**Licenciamiento ambiental** Se presenta el marco jurídico de la licencia ambiental, el procedimiento para su obtención, las competencias de las distintas entidades, los tipos de estudios y permisos que pueden ser requeridos.

**Descripción actividades de líneas y subestaciones** Se describen brevemente las principales actividades en las etapas de construcción, operación y desmantelamiento

**Caracterización ambiental** Se presentan las directrices metodológicas para la diagnóstico de alternativas y el Estudio Ambiental. Así mismo, los niveles de análisis regionales y locales.

**Matrices (actividades, impactos y manejos)** Esquema de la matriz que relaciona las actividades y los impactos de proyectos de líneas y subestaciones

**Descripción de impactos** Descripción de los impactos definidos en la matriz anterior. Se referencian las medidas de manejo propuestas y se establecen las actividades, por fase, que generan el impacto. Son 20 impactos de líneas y 19 de subestaciones, con ciertas similitudes.

**Descripción de manejos** En la sección anterior se identifican en total 25 medidas de manejo: cada una de ellas se describe y se determina el tipo de medida (prevención, mitigación, potenciación, control y/o corrección) y momento de ejecución.

**Manejo integral de riesgos** Planificación de acciones en caso de accidentes e imprevistos, los cuales potencialmente puedan afectar los trabajadores y pobladores, bienes públicos y privados, intereses empresariales y medio ambiente que lo rodea. Se establecen escenarios, se identifican amenazas, se evalúa la vulnerabilidad y finalmente se diseña el plan de manejo de riesgos.

**Glosario y Bibliografía**

### 2.2.13. Guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica

El objetivo de la guía es ser una herramienta de consulta y orientación conceptual, jurídica, metodológica y procedimental para el proceso de gestión ambiental de un proyecto de distribución eléctrica. Su contenido es[50]:

**Introducción** Se presenta el origen (Convenio de Concertación para una Producción más Limpia con el Sector Eléctrico); los objetivos (unificar criterios, fortalecer gestión y planificación ambiental, presentar medidas de manejo, control y seguimiento ambiental; y dar cumplimiento a la legislación. Finalmente se presenta el ámbito y contenido de la guía.

**Instructivo** Se presenta la codificación de las distintas secciones, describiendo la forma de uso y consulta. Finalmente se dan algunas recomendaciones para el correcto aprovechamiento de la información de la guía.

**Descripción de la Actividad** Se realiza una descripción técnica de un sistema de distribución, presentando la clasificación de las líneas y subestaciones asociadas. Se revisan temas de planeamiento de la expansión, definiendo las actividades requeridas para la construcción de líneas y subestaciones.

**Marco Jurídico** Se enumeran las normas, leyes, resoluciones y decretos relativos a los aspectos ambientales de la distribución de energía eléctrica. Se establecen las competencias para los trámites ambientales, en términos de licencias, permisos, procesos y demás.

**Marco Organizativo y Planificación para la Gestión Ambiental** Se establece un Sistema de Gestión Ambiental, para la autoevaluación y mejoramiento continuo de las actividades que propendan a minimizar el deterioro ambiental y potenciar los beneficios sociales y económicos de las regiones donde se insertan los proyectos del sector de distribución de energía.

**Características Ambientales** Presenta las características ambientales tipo que deben ser tomadas en cuenta para un proyecto de distribución de energía durante el análisis de la línea base ambiental. Se presentan por componente ambiental los aspectos específicos a ser analizados, los objetivos, los métodos de consecución de información relevante y los resultados esperados.

**Impactos Ambientales y Medidas de Manejo** Se realiza la matriz de identificación de impactos para las actividades de la construcción de una línea y una subestación de distribución. Para cada actividad hay fichas de impactos, que contienen la descripción, medidas de manejo, responsable y momento de ejecución. En algunas ocasiones incluye diagramas para facilitar el entendimiento.

**Seguimiento, Evaluación y Monitoreo** De acuerdo con el Sistema de Gestión Ambiental adoptado, se establecen indicadores para el seguimiento y monitoreo de la eficacia de la gestión. Para cada componente ambiental hay indicadores (con varios parámetros), determinan las actividades, ubicación y frecuencias para tomar mediciones.

**Riesgos Tipo y Manejo de Contingencias** Aspectos relacionados con los riesgos y el manejo de contingencias para el caso específico de los proyectos de distribución de energía, en sus fases de construcción y operación. Plan de Contingencias, identificando eventos que generan riesgos, ubicación, recurso afectado, efectos esperados y medidas para evitar los riesgos.

#### 2.2.14. **Guía Ambiental para Termoeléctricas y Procesos de Cogeneración. Parte Aire y Ruido**

Esta guía, de 1999, contiene temas ambientales en relación con las emisiones atmosféricas, la calidad del aire y ruido en termoeléctricas y cogeneración. Su contenido es[47]:

**Introducción e instrucciones** Presentación, objetivos, contenido, nomenclatura y recomendaciones de la guía.

**Política y Gestión ambiental** Definición de la política ambiental, especialmente por convenios internacionales. Se presenta la estructura del sistema de gestión ambiental: planificación, implementación, control y mejoramiento continuo.

**Marco Normativo** Legislación general en 4 grupos: constitución, leyes (decretos), licenciamiento ambiental y normas de calidad de aire, emisiones, límites, entre otras. Se presenta un compendio de las más relevantes en cada grupo con respecto al aire y ruido debido a termoeléctricas.

**Tecnologías de generación y cogeneración termoeléctrica** Descripción técnica de las tecnologías de Turbinas a gas, en ciclo simple y en ciclo Stig, Turbinas a vapor en ciclo Rankine, ciclo combinado y motores reciprocantes. Se presentan los principios termodinámicos.

**Tipos de contaminantes e impacto ambiental** Descripción de fuentes de contaminación: Emisiones de contaminantes por combustible, fuentes de emisiones atmosféricas y fuentes de ruido. Descripción de combustibles por tecnología. Identificación del impacto ambiental.

**Medición y evaluación de las emisiones atmosféricas** Descripción de métodos para la evaluación y control de la contaminación: Balances de masa, factores de emisión, medición de las emisiones y medición de los niveles de ruido

**Sistemas de control de emisiones atmosféricas y ruido** Diseño e implementación sistemas de control de emisiones para cada uno de los contaminantes. Se presenta tipos de control de emisión de material particulado, por ejemplo: Colectores ciclónicos, Lavadores de gases, Filtros de mangas y Precipitadores electrostáticos. Así mismo, también control para la emisión de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y ruido.

**Monitoreo y estimación de los efectos sobre la calidad del aire** Métodos de medición de calidad de aire, modelos de dispersión y nivelación de ruido. Presentación de las normas técnicas en los temas relacionados.

## Glosario y Bibliografía

### 2.2.15. Guía Ambiental para hidroeléctricas

Guía digital, de 1999, contiene temas ambientales en relación con el subsector hidroeléctrico. Su contenido es[45]:

**Introducción** Presentación de la problemática ambiental relacionada con la generación de energía eléctrica por medio de hidroeléctricas. Se presentan los objetivos y el contenido de la guía.

**Marco Jurídico** Se identifica el marco legal ambiental en Colombia para los proyectos hidroeléctricos. Se explica el procedimiento de las licencias ambientales. Así mismo, se presenta la política ambiental en el tema.

**Generación hidroeléctrica** Descripción del principio básico, clasificación y componentes típicos de una central hidroeléctrica. Se identifican las actividades para su construcción.

**Sistema de gestión ambiental** Definición de los objetivos y estructura del SGA, especialmente en el organigrama. Se definen temas como las herramientas metodológicas e instrumentales, la supervisión y la información que se requiere para el sistema.

**Medio Ambiente** Caracterización del medio natural y cultural del área de influencia. Se definen los componentes y factores ambientales más relevantes.

**Identificación y evaluación de impactos ambientales** Marco teórico sobre la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), revisando metodologías. Identificación de impactos positivos y negativos de las centrales hidroeléctricas.

**Manejo de los impactos generados** A partir de la identificación de los impactos, se presentan los lineamientos generales para el manejo de dichos impactos. Cada manejo tiene distintas opciones, pero en general se definen actividades, responsables y tiempos para las medidas de manejo.

**Monitoreo y seguimiento** Se establecen indicadores, tiempos, ubicaciones y otros para controlar la correcta realización de las medidas de manejo. Para cada componente ambiental se establecen, con indicadores específicos.

**Otros aspectos** Se diseña un plan sencillo para el manejo de contingencias. Por otra parte, se realiza una evaluación ex-post del proyecto.

## Anexos

### 2.2.16. Comparación guías ambientales Colombia

La Tabla 2-4 presenta una comparación del contenido de las guías ambientales del sector eléctrico.

**Tabla 2-4.:** Comparación guías ambientales

| Parámetro                             | Carbo<br>eléctricas | Transmisión | Distribución | Termo<br>eléctricas.<br>Aire y ruido | Hidro<br>eléctricas |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|---------------------|
| Introducción                          | •                   | •           | •            | •                                    | •                   |
| Objetivo                              | •                   | •           | •            |                                      | •                   |
| Instructivo                           |                     | •           | •            | •                                    |                     |
| Marco legislativo y normativo         |                     | •           | •            | •                                    | •                   |
| Descripción técnica                   | •                   |             | •            | •                                    | •                   |
| Identificación Actividades e impactos | •                   | •           | •            |                                      | •                   |
| Descripción impactos                  | •                   | •           | •            | •                                    | •                   |
| Medidas de manejo                     | •                   | •           | •            | •                                    | •                   |
| Supervisión y seguimiento             | •                   |             | •            | •                                    | •                   |
| Gestión ambiental                     | •                   | •           | •            |                                      | •                   |
| Manejo de riesgos                     |                     | •           | •            |                                      | •                   |
| Caracterización ambiental             |                     |             |              |                                      | •                   |
| Teoría EIA                            |                     |             |              |                                      | •                   |
| Evaluación Ex-Post                    |                     |             |              |                                      | •                   |

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.17. Decreto 3573 de 2011 - ANLA

En este decreto se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), como encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental[54].

Las funciones de la ANLA tienen que ver con todo el proceso de las licencias, permisos y trámites ambientales (otorgar, negar, supervisar), administración de los sistemas de información, velar por la participación ciudadana, apoyar la elaboración de la reglamentación en materia ambiental, entre otras. Este decreto también establece la estructura y funciones de cada una de sus dependencias.

Para algunas grandes empresas, los trámites ambientales son vistos como obstáculos, debido a la falta de competencia de las autoridades ambientales en términos de infraestructura, capacidad y experiencia del personal. La creación de la ANLA se entiende como el fortalecimiento del proceso de licenciamiento ambiental, un paso importante para superar este obstáculo; siendo un aspecto muy importante para el país y sus metas de desarrollo.



### 2.2.18. Ley 142 de 1994

Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Esta ley esta vigente actualmente pero ha tenido varias derogaciones. En materia ambiental y el sector eléctrico, simplemente se refiere a la necesidad de cumplir con los requisitos ambientales vigentes. No hay ningún punto específico que sea sobresaliente.

### 2.2.19. Ley 143 de 1994

Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. [41].

En el Capítulo X (De la conservación del medio ambiente) se dan lineamientos muy generales sobre las responsabilidades ambientales para con la conservación del medio ambiente. Se establece que las áreas de negocio de impacto ambiental son la generación y la transmisión, solamente. En la ley en general, al Estado le corresponde asegurar la incorporación de aspectos ambientales (Art. 3); establece como objetivo del estado mantener la integridad del medio ambiente (Art. 4); el requerimiento de permisos en materia ambiental para ciertos proyectos (Art. 7); se requieren planes de expansión flexibles para cumplir condiciones ambientales (Art. 12, 16, 23). Otros artículos relevantes son:

- *Art. 50.* Para proteger la diversidad e integridad del medio ambiente y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, los agentes económicos (...) deberán dar cumplimiento a las disposiciones que regulan la materia.
- *Art. 51.* Las empresas públicas, privadas o mixtas, que emprendan proyectos susceptibles de producir deterioro ambiental tendrán la obligación de **evitar, mitigar, reparar y compensar los efectos negativos sobre el ambiente natural y social generados** en el desarrollo de sus funciones.....
- *Art. 52.* Las empresas públicas, privadas o mixtas que proyecten realizar o realicen obras de generación, interconexión, transmisión y distribución de electricidad, susceptibles de producir deterioro ambiental, están obligadas a obtener previamente la **licencia ambiental** ....
- *Parágrafo.* Para obtener la licencia ambiental para ejecutar proyectos de generación e interconexión de electricidad<sup>11</sup> se deben realizar los correspondientes estudios.....
- *Art. 53.* Durante la fase de estudio y como condición para ejecutar proyectos de generación e interconexión, las empresas propietarias de los proyectos deben **informar a las comunidades afectadas**, consultando con ellas primero, los impactos ambientales, segundo, las medidas previstas en el plan de acción ambiental y tercero, los mecanismos necesarios para involucrarlas en la implantación del plan de acción ambiental.

<sup>11</sup>Los requerimientos se centran únicamente en la etapa de generación y transmisión del sistema de potencia (Ver Sección 3.2), ignorando los impactos de las otras etapas.

- *Art. 54.* Los autogeneradores, las empresas que vendan excedentes de energía eléctrica,..., están obligados a cancelar la transferencia en los términos que trata el artículo 45 de la Ley 99 de 1993.

### 2.2.20. Ley 842 de 2003

Saliendo un poco de conceptos como la licencia ambiental o de la EIA, con los eventos en la actualidad política del país, es importante tener en cuenta el tema de la ética profesional. La Ley 842 de 2003 [42] es el Código de Ética Profesional de la Ingeniería, en el cual se encuentra lo siguiente:

- *Art. 33. Deberes especiales de los profesionales<sup>12</sup> para con la sociedad.* d) Estudiar cuidadosamente el ambiente que será afectado en cada propuesta de tarea, evaluando los impactos ambientales en los ecosistemas involucrados, urbanizados o naturales, incluido el entorno socioeconómico, seleccionando la mejor alternativa para contribuir a un desarrollo ambientalmente sano y sostenible, con el objeto de lograr la mejor calidad de vida para la población; e) Rechazar toda clase de recomendaciones en trabajos que impliquen daños evitables para el entorno humano y la naturaleza, tanto en espacios abiertos, como en el interior de edificios, evaluando su impacto ambiental, tanto en corto como en largo plazo;
- *Art. 34. Prohibiciones especiales a los profesionales respecto de la sociedad.* e) iniciar o permitir el inicio de obras de construcción sin haber obtenido de la autoridad competente la respectiva licencia o autorización.

No sólo por requisitos legales, el ejercicio de la ingeniería, y en nuestro caso la eléctrica, debe tener muy presente el impacto ambiental que se pueda producir. El ideal es seguir los conceptos del *desarrollo sostenible*, cumpliendo con los requerimientos de la humanidad, preservando el medio ambiente.

---

<sup>12</sup>En esta ley se entiende *profesionales* como *ingenieros*

## 2.3. Suramérica

Uno de los objetivos de este trabajo es realizar una comparación de la legislación internacional de la Evaluación de Impacto Ambiental EIA con respecto a la infraestructura eléctrica. En la sección anterior se realizó la revisión para Colombia. Se encontró la siguiente estructura: existe un marco legislativo ambiental a nivel país del cual la EIA hace parte, siendo un requisito para algunos proyectos de infraestructura eléctrica. Sin embargo, a nivel internacional el procedimiento de la EIA exhibe considerable diversidad en términos de metodología y marco legal [15]. A nivel internacional, se han realizado varias evaluaciones de los sistemas de EIA, a continuación se presentan algunas experiencias relevantes.

Evaluación sistema EIA de países con el Modelo de Wood[208], por ejemplo para Colombia[183], Maldivas[9], Pakistan[146]; o comparación de países, por ejemplo Brasil-UK[97], MENA<sup>13</sup>[73]; Egipto-Túnez-Turquía[3], África del Este[134]. Originalmente, Wood [208] usó un grupo de 14 criterios<sup>14</sup> de evaluación para determinar el desempeño de ocho sistemas de EIA<sup>15</sup>. El enfoque de los criterios, basados en los objetivos y etapas de la EIA, eran los requerimientos y la operación del sistema de EIA[3]. Este modelo de evaluación ha sido complementado por otros autores con los criterios de control de calidad (Ortolano[149] y Leu et al.[16]). Para casos específicos, algunos autores modifican los criterios para obtener más información y análisis en otros aspectos (Colombia[183], Italia-UK[18]). Los criterios de Wood permiten un comparación detallada de los siguientes atributos de los sistemas de EIA[3]:

- Procedimientos administrativos y legales de la EIA
- Aspectos de la EIA, tales como revisión del EsIA, mitigación, entre otros
- Medidas tomadas para mejorar la eficiencia del sistema de EIA

Los criterios de evaluación de Wood se pueden tomar como un modelo de madurez del sistema de EIA: un mayor número de criterios con evaluación satisfactoria equivale a un sistema cercano a lo óptimo. Sin embargo, para los objetivos del trabajo, estos criterios no evalúan las particularidades de la infraestructura eléctrica.

Otro método de evaluación de un sistema de EIA es la revisión y clasificación de Estudios de Impacto Ambiental (EsIA), por ejemplo, Grecia[8], Francia-UK[96], Lituania[121], Colombia[92] y México [24]. En estas evaluaciones, con metodologías diferentes, toman un número considerable de EsIA para verificar ciertos criterios. En el caso de la evaluación en Colombia, Gil hizo una caracterización de los EsIA en los proyectos de ingeniería eléctrica (ver Sección 5.2.2, [92]). Este método de evaluación es de difícil aplicación debido al acceso a los estudios y al tiempo para poder analizarlos de manera adecuada.

---

<sup>13</sup>MENA: Middle East and North Africa. Algeria, Bahrain, Djibouti, Egipto, Irán, Iraq, Israel, Jordania, Líbano, Libia, Malta, Marruecos, Oman, Qatar, Arabia Saudita, Siria, Tunes, Emiratos Arabes Unidos y Yemen

<sup>14</sup>Ver Tabla 5-1, página 150, adaptada para Colombia

<sup>15</sup>Estados Unidos, California, Reino Unido, Países Bajos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda

Como otro ejemplo, Cherp[36] utilizó un método de comparación sencillo de sistemas de EIA para países del este y centro de Europa y la ex-URSS. La metodología consistía en tres etapas, en las cuales recogía información relevante sobre los países en estudio. En la primera etapa realizó un cuestionario para los actores del sistema de EIA. El resultado de esta etapa fue una visión general del estado actual de la legislación y práctica de la EIA, así como una clasificación en grupos de acuerdo a patrones encontrados. En la segunda etapa realizó entrevistas con los responsables del desarrollo de los sistemas de EIA, representando los grupos identificados. El resultado de esta etapa fue el análisis de las condiciones de origen y evolución de la EIA, así como particularidades de su desarrollo práctico. En la última etapa desarrolló un análisis profundo de la evolución de la práctica de la EIA, mediante la revisión individual con una metodología creada por él mismo[35], de cerca de 230 EsIAs en Belarus, en el rango de 1985 a 1997. El resultado fue un conocimiento profundo en las características actuales y evolución del sistema EIA de Belarus.

Para realizar la comparación entre el sistema colombiano de EIA para el sector eléctrico se emplea una modificación de las tareas claves por etapa de Cherp[36]: *a)* Revisión del estado actual de la legislación ambiental y del sistema EIA; *b)* análisis de las características de la EIA para el sector eléctrico; y, *c)* comentario sobre los puntos claves encontrados. En esta sección se revisan los países suramericanos con los criterios propuestos, debido a sus similitudes con Colombia, en términos de geografía, desarrollo histórico, condición social y sector eléctrico.

### 2.3.1. Argentina

#### Legislación General

En Argentina hay tres niveles de gobierno que tienen competencias y legislación con respecto a la gestión y control ambiental: el nivel nacional (federal), las provincias y los municipios. Las Provincias cuentan con leyes, reglamentos y normas ambientales, algunos alineados con los del gobierno federal. Algunos de los municipios también cuentan con legislación y programas ambientales específicos. Sin embargo, la legislación y el nivel de control ambiental son muy diferentes entre las provincias y municipios. Bajo el sistema federal argentino, la legislación provincial prevalece sobre la legislación federal cuando ésta se refiere al manejo de los recursos y ambiente provinciales. Las provincias son las dueñas de los recursos naturales que estén en su territorio y por lo tanto prevalece la legislación provincial, excepto en territorios de jurisdicción federal como territorios fronterizos y aguas internacionales.

El Consejo Federal del Ambiente (con representación de todas las provincias, la Ciudad de Buenos Aires y la Nación) y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable son los organismos al nivel del gobierno federal con competencia para establecer y supervisar políticas y reglamentos ambientales. [159]

A nivel nacional existe la **Ley General del Ambiente - Ley Nacional 25.675 del 2002**. En esta ley, la Evaluación de Impacto Ambiental es un instrumento de política y gestión

ambiental (art. 8), es un requisito para la ejecución de obras o actividades susceptibles de degradar el ambiente y/o afectar la calidad de vida de la población (art. 11). De acuerdo a la legislación, se debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental para poder ejecutar el proyecto (art. 12 y 13).

Como ejemplo, en la provincia de Buenos Aires se tiene la Ley 11.723. Respecto a la EIA se tienen los artículos 10 al 24. La EIA se requiere para obtener la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), que funciona como un permiso de la autoridad competente para ejecutar la obra o actividad. La autoridad competente establecerá los requisitos, procedimientos y parámetros del caso. En el Anexo II de la misma ley, se encuentra la lista de los proyectos sometidos al proceso de EIA, en el que se encuentra: **1. Generación y transmisión de energía hidroeléctrica, nuclear y térmica.** Se ve que en este caso no es muy detallado respecto a los límites y parámetros de los proyectos. Así mismo no tiene en cuenta directamente la distribución ni la generación con renovables de energía eléctrica.

### Legislación sector eléctrico

En ámbito de nivel nacional, en la **Ley N° 24.065 - Régimen de la Energía Eléctrica** establece en el artículo 17 que:

La infraestructura física, las instalaciones y la operación de los equipos asociados con la generación, transporte y distribución de energía eléctrica, deberán adecuarse a las medidas destinadas a la protección de las cuencas hídricas y de los ecosistemas involucrados. Así mismo deberán responder a los estándares de emisión de contaminantes vigentes y los que se establezcan en el futuro, en el orden nacional por la Secretaría de Energía.[11]

En la misma ley se establecen responsabilidades para el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) relacionadas con el medio ambiente y el sector eléctrico (art. 56). La Secretaria de Energía es la entidad encargada de elaborar la política en materia de energía, el planeamiento estratégico y las supervisión racional de recursos. Algunas de sus resoluciones respecto al tema son:

- Resolución SE 475/87, obliga a las empresas a realizar las evaluaciones de impacto ambiental desde la etapa de prefactibilidad, así como establecer programas de vigilancia y monitoreo durante toda la vida útil de las obras.
- Resolución SE 718/87, normatiza los procedimientos para la gestión ambiental de las obras hidráulicas mediante la sanción del *Manual de Gestión Ambiental para Obras Hidráulicas con Aprovechamiento Energético*.
- Resolución SSE 149/90, normatiza los procedimientos para la gestión ambiental de las centrales térmicas mediante la sanción del *Manual de Gestión Ambiental de Centrales Térmicas Convencionales de Generación Eléctrica*, modificada por las Resoluciones SE 154/93 y 182/95, para aplicar los mismos al sector privado.

- Resolución SE 15/92, normalización de los procedimientos para el tendido y operación de líneas de transmisión de extra alta tensión y la construcción de subestaciones transformadoras y/o compensadoras, mediante su Manual de Gestión Ambiental respectivo.

Los Manuales dan las pautas metodológicas para realizar la EIA de un nuevo proyecto y el Plan de Gestión Ambiental que abarcará todas las etapas del mismo (desde prefactibilidad hasta construcción). Las resoluciones respectivas obligan a los responsables de los proyectos a cumplir con estas pautas y con determinados límites de contaminación y mediciones específicas para cada actividad.

A continuación se presenta una visión general de las normas ambientales de acuerdo a la actividad eléctrica:

1. Proyectos (manuales de gestión ambiental)
  - a) Centrales Térmicas Convencionales. Resolución SSE 149/90 y Resoluciones SE 54/93 y 182/95
  - b) Centrales Hidroeléctricas. Resolución SE N° 718/87
  - c) Sistema de Transporte Eléctrico de Extra Alta Tensión. Resolución SE N° 15/92
  - d) Resolución 32/94, el ENRE establece los Procedimientos de Programas de Gestión Ambiental
2. Operación
  - a) Generación térmica
    - Mediante las Resoluciones ENRE 51 y 52/95, se establece la obligatoriedad del cumplimiento de las normas nacionales y locales, y de la presentación de los Planes de gestión Ambiental para los generadores de energía eléctrica.
    - Anexos Ambientales de Centrales Térmicas en Explotación: (*ejemplo*) Requisitos de legislación nacional, provincial y municipal vigente, sobre todo en lo referente a calidad del aire, de agua y residuos peligrosos. Identificación de descargas líquidas. Instalación de equipos de medición de gases.
    - Verificación, a lo largo de la vida útil de la planta, de la ejecución de las medidas correctivas y control permanente de contaminación por parte del ENRE.
  - b) Generación hidroeléctrica
    - Anexos ambientales en los contratos de concesión de estas obras contemplan: (*ejemplo*) Requisitos de legislación nacional, provincial y municipal vigente, sobre todo en lo referente a calidad del aire, de agua y residuos peligrosos. Acciones puntuales como reforestación o repoblamiento de peces. Monitoreo calidad del agua, sedimentación, ictiofauna, etc. Prevención de accidentes en el perímetro de concesión.
    - Además de los anexos ambientales se incluyen en los contratos de concesión anexos similares de Manejo de Agua y de Seguridad de Presas.

- c) Anexo Ambiental de Transporte y Distribución Troncal
  - Observar el estricto cumplimiento de la legislación vigente. Sistemas de información para verificación de protección ambiental. Cumplimiento de niveles de tolerancia (campos electromagnéticos, radio interferencia, ruido y tensiones de contacto y paso). Sistemas de recuperación de líquidos refrigerantes. Mantenimiento de servidumbre, accesos y patios de subestaciones.
  - El ENRE, mediante la Resolución 236/96, estableció la Guía de las evaluaciones de impacto ambiental de sistemas de transporte y distribución.
- d) Distribución
  - El ENRE verificará el cumplimiento de las leyes ambientales que corresponden a esta actividad. Por ejemplo: niveles de tolerancia para campo electromagnético, radio interferencia, tensiones de contacto y paso, descargas de efluentes líquidos, manejo y disposición de residuos sólidos y utilización, transporte y almacenaje de sustancias tóxicas.
  - Especialmente controlará el uso de PCB (difenilos policlorados)

### Análisis

En general se observa que la estructura de legislación ambiental es similar a la de Colombia. Su gran diferencia es la independencia de las provincias, lo que dificulta tener una política fuerte a nivel nacional. Se utilizan los Estudios de Impacto Ambiental como instrumento para obtener una Declaración de Impacto Ambiental, la cual funciona como licencia ambiental. En cuanto al sector eléctrico, los manuales y las resoluciones del ENRE son una especie de Términos de Referencia (más específicos que en Colombia) para realizar los EsIA. Finalmente, no se hacen especificaciones sobre cuál metodología usar para el EsIA..

## 2.3.2. Bolivia

### Legislación General

La **Ley 1333 de 1992** es la **Ley de Medio Ambiente**. Es una ley extensa que trata principalmente sobre la gestión ambiental y el marco institucional. Se soporta de varios *Reglamentos* (por ejemplo: General de Gestión Ambiental, Materia de contaminación atmosférica e hídrica, entre otros). El reglamento que interesa en este tema es el de **Prevención y Control Ambiental (RPCA)**. En este se reglamento se regula el tema de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y el Control de Calidad Ambiental (CCA). Se tienen unas categorías para decidir si el proyecto requiere un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) para obtener la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Las categorías son[26]:

**Categoría 1** *Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Integral*, nivel que por el grado de incidencia de efectos en el ecosistema, deberá incluir en sus estudios el análisis detallado y la evaluación de todos los factores del sistema ambiental....

**Categoría 2** *Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Específico*, nivel que por el grado de incidencia de efectos en algunos de los atributos del ecosistema considera

en sus estudios el análisis detallado y la evaluación de uno o más de los factores del sistema ambiental....

**Categoría 3** Aquellos que requieran solamente del planteamiento de Medidas de Mitigación y del Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental. Nivel que por las características ya estudiadas y conocidas de proyectos, obras o actividades, permita definir acciones precisas para evitar o mitigar efectos adversos.

**Categoría 4** No requieren de EEIA....

Por otra parte, Bolivia tiene la Constitución Política del Estado (NCPE) reciente (aprobada en 2009). Esto trae una revisión y actualización de los marcos regulatorios sectoriales. Respecto a la legislación ambiental y la aplicable al sector eléctrico, no hay grandes cambios.

### Legislación sector eléctrico

“La Ley 1333 de 1992 y sus reglamentos son aplicables al sector eléctrico. No existe una reglamentación ambiental específica para este sector”[111]. Por la estructura de la Ley 1333 no se establecen los sectores y/o actividades específicos que deben presentar EEIA. No obstante, basándose en el Decreto Supremo 27173 de 2003, se debe tener en cuenta:

- *Ley 1333/92. Art. 27.* Todas las obras, actividades públicas o privadas, con carácter previo a su fase de inversión, deben contar obligatoriamente con la identificación de la **categoría de evaluación de impacto ambiental**, determinando que los que correspondan al nivel 4 no requieren de Evaluación de Impacto Ambiental.
- *RPCA. Art. 2.* Disposiciones del reglamento en cuanto a EIA se aplican a todas las obras, actividades y proyectos públicos y privados, así como, a programas y planes con carácter previo a su inversión, o cualquier acción de implementación o ampliación.

Los proyectos del sector eléctrico (de cualquier tipo) deben ser categorizados para definir si requieren o no desarrollar alguna clase de EEIA. El DS 27173/2003 ubica en la Categoría 4 (exentos de EEIA) los siguientes proyectos del sector:

- Ampliación de líneas eléctricas (sujeto a limitaciones y restricciones definidas)
- Densificación del servicio eléctrico (sujeto a limitaciones y restricciones definidas)
- Instalación de Paneles Fotovoltaicos, sin limitaciones o restricciones.
- Centrales Eólicas (potencia menor o igual a 50 kW)
- Picocentrales Hidroeléctricas (hasta 5 kW)



## Análisis

Se encuentran dos puntos importantes. El primero es la existencia de distintos tipos de *Estudios de Evaluación Impacto Ambiental*, los cuales dependen de unas categorías de proyectos. Aunque la categorización pueda ser subjetiva, las distintas opciones para obtener la licencia ambiental pueden facilitar y mejorar la gestión ambiental en el país. Como segundo punto, debido a que el sector eléctrico no es muy fuerte, no se cuenta con un Reglamento específico (existe el de Hidrocarburos y el de Minería). Una tarea para el sector es desarrollar su reglamento propio.

### 2.3.3. Brasil

#### Legislación General

La Evaluación de Impacto Ambiental tiene su origen en la **Resolución 001 de 1986 de CONAMA**<sup>16</sup>. Esta resolución, aún vigente, establece las definiciones, responsabilidades, criterios básicos y directrices para la implementación de la *Avaliação* (Evaluación) de Impacto Ambiental, como instrumento para la política nacional de medio ambiente.

Se requieren dos documentos: Estudio de impacto ambiental y *Relatório* (informe) de impacto ambiental (RIMA). Estos se someten a aprobación por parte del IBAMA<sup>17</sup>; el cual es el encargado de otorgar las licencias ambientales. En la Resolución 001/86 se establecen las actividades modificadoras del medio ambiente que deben realizar una EIA, como por ejemplo puertos, oleoductos, extracción de minerales y petróleo e infraestructura del sector eléctrico. Particularmente existe la Resolución 006 de 1987, sobre licencias ambientales para proyectos eléctricos.

Una particularidad de Brasil es que el sistema de licencias tiene varias etapas[97]:

**Preliminar (LP)** Requerimientos básicos a tener en cuenta en la selección del sitio y fases de instalación y operación

**Instalación (LI)** Autoriza el inicio de la construcción

**Operación (LO)** Autoriza el inicio de operación después de inspecciones

En la constitución de 1988, el Art. 225 exige, para la instalación de obras o actividades potencialmente causantes de degradación significativa del medio ambiente, un estudio previo del impacto ambiental.

#### Legislación sector eléctrico

Según la Res 001/86 de CONAMA, las actividades del sector eléctrico que requieren EIA son:

<sup>16</sup>Consejo Nacional del Medio Ambiente

<sup>17</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

- Líneas de transmisión eléctrica, por encima de 230KV
- Obras hidráulicas para fines hidroeléctricos mayores a 10MW
- Generación eléctrica, cualquiera que sea la fuente de energía, por encima de 10 MW

De forma más específica, la **Resolución CONAMA 006 de 1987**, establece los requerimientos propios de cada tipo de proyecto: generación térmica, hidráulica o líneas de transmisión. Se definen los responsables y las particularidades de la obtención de cada tipo de Licencia (LP, LI, LO).

### Análisis

La legislación ambiental en Brasil cuenta con varios años de experiencia (desde 1986). Un punto para resaltar son las etapas de la licencia ambiental. El proceso se vuelve más exigente al requerir tres licencias con diferentes requisitos. En cuanto al sector eléctrico, están definidos los proyectos típicos (generación y transmisión) con sus respectivos límites inferiores, que requieren EIA. Por otra parte, la política energética de Brasil impulsa fuertemente las energías renovables. Estos proyectos motivan entonces a una actualización en la legislación. Actualmente Brasil esta en una problemática social debido a la central hidroeléctrica Belo Monte (Río Xingú, Amazonas).

## 2.3.4. Ecuador

### Legislación General

La evolución de la legislación ambiental ecuatoriana viene desde los años 70s, se fue conformando de forma dispersa, basados en los distintos convenios internacionales y algunas leyes sectoriales. Se dictaron varias leyes con orientación a una política preventiva, de las cuales algunas siguen vigentes actualmente. En los años 90s la legislación se fortaleció significativamente, tanto a nivel nacional como sectorial, a través de leyes y la creación de entidades[21]. En la Constitución (1998) se dedica una sección completa al medio ambiente. En 1996 se creó el Ministerio de Ambiente (1996). La **Ley de Gestión Ambiental** (LGA, actualizada en 2004). Se han expedido un conjunto de normas de carácter reglamentario, indispensables para la aplicación practica de la Ley de Gestión Ambiental, recopiladas y sistematizadas mediante el **Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS)**. Este se compone de varios libros para cubrir todos los temas. La LGA establece la obligatoriedad que todo proyecto u obra que pudiera ocasionar impactos ambientales debe ser calificado previamente, para así obtener una licencia por parte de la autoridad competente. Esto se logra mediante la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD). Se realizará de acuerdo con las normas contenidas por el Título I del Libro VI del TULAS. Así mismo, establece actividades sujetas a la licencia ambiental, sin que el sector eléctrico este explícito.

El Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) tiene como sub-sistema la Evaluación de Impacto Ambiental. En el libro VI del TULAS se trata extensamente el tema de la EIA. Se establece que la presentación debe cumplir con términos de referencia.

### Legislación sector eléctrico

La base es el **Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas (RAAE - Decreto Ejecutivo 1761/2001 - R. O. 396)**. “Este reglamento establece los procedimientos y medidas aplicables al Sector Eléctrico en el Ecuador, para que las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en todas sus etapas: construcción, operación, mantenimiento y retiro, se realicen de manera que prevengan, controlen, mitiguen y/o compensen los impactos ambientales negativos y se potencien aquellos positivos” [70].

En el RAAE, los proyectos que requieren un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental son:

- Proyectos u obras de generación de energía eléctrica, cuya capacidad total sea igual o mayor a 1 MW (Art. 19)
- Líneas de transmisión y distribución, en los niveles de voltaje y longitud aprobados por el CONELEC<sup>18</sup> a través de Regulación (Art. 19)
- Actividades eléctricas en zonas de Patrimonio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Art. 41)

La aprobación previa del EIA la realiza el CONELEC, y la obtención de la Licencia Ambiental esta a cargo del Ministerio del Ambiente. Las dos son condiciones necesarias y obligatorias para iniciar la construcción de un proyecto. Cuando se realiza en EIAD se deben tener en cuenta mucho reglamentos y normas (p.e. tienen Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua; Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas de Combustión; Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Por Desechos Peligrosos, entre otros).

Las *Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte* fueron expedidas en 2007, como anexos del Libro VI del TULAS. Algunas normas específicas son:[71]

- **Anexo 1A** Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas.
- **Anexo 1B** Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Hidroeléctricas.
- **Anexo 2A** Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Suelo en Centrales de Generación de Energía Eléctrica.

<sup>18</sup>CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad. Ente regulador de energía eléctrica en Ecuador

- **Anexo 3A** Norma de Emisiones al Aire desde Centrales Termoeléctricas.
- **Anexo 10** Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos.
  - Requerimientos mínimos de seguridad para exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60Hz.
  - Disposiciones para radiaciones no ionizantes generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico (3 kHz - 300 GHz).

## Análisis

Ecuador tiene una estructura legal muy bien constituida en el tema ambiental. Específicamente el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), es una herramienta muy fuerte para gestionar todos los temas ambientales. Se observa que hay actualizaciones continuas, que buscan no dejar ningún hueco posible. Para todos los pasos del proceso de EIA tiene un nombre específico y un responsable. Un punto relevante es que cuentan con un *Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas*, el cual es una adaptación del sistema EIA para el sector eléctrico. No obstante, no presenta aspectos realmente claves que lo diferencien de los demás sectores, solamente algo de actividades eléctricas en zonas especiales.

### 2.3.5. Perú

#### Legislación General

El marco legal de Perú es encabezado por la Constitución de 1993. El Art. 67 manifiesta que el Estado determina la política nacional relativa al medio ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales. Así mismo también cuentan con: **Ley General del Ambiente (Ley 28611)**; **Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley 27446)**; Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (Decreto Legislativo 757), la Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley 25844), Guías Técnicas por sectores y otras disposiciones legales.

La Ley General del Ambiente (28611) se basa en unos derechos y principios ambientales, los cuales vienen de los distintos tratados y acuerdos internacionales. En esta ley la evaluación de impacto ambiental es un instrumento de gestión ambiental (art. 17). Los proyectos susceptibles de impacto ambiental<sup>19</sup> están sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) (Art. 24). Luego se hace referencia a los Estudios de Impacto Ambiental (EIA en ese caso) también como instrumentos (Art. 25).

En la Ley 27446 sobre el SEIA, se establece que es un “sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas” [156]. En esta ley se establece que los proyectos de inversión que puedan causar impactos ambientales están obligados a obtener una **certificación ambiental**, mediante la presentación de un EIA de acuerdo a unas categorías. En

<sup>19</sup>En este punto no se establecen los proyectos o actividades

la EIA se incluye la identificación de impactos ambientales.

El título VI del Decreto Legislativo 757, sobre el crecimiento de la inversión privada, se refiere a la seguridad jurídica en la conservación del medio ambiente; estableciendo que las autoridades ambientales son las responsables de determinar que proyecto requiere presentar un EIA. Por otra parte, la ley de Concesiones Eléctricas (en la cual se regulan las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica) señala que el Estado previene la conservación del medio ambiente, respecto a actividades de este sector. Ya se establecen algunos límites de los proyectos para determinar qué tipo de EIA requiere.

### Legislación sector eléctrico

Específicamente para el sector eléctrico se cuenta con el Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (Decreto Supremo 029-1994-EM). En este reglamento se define que la **Autorización Eléctrica** es el “Permiso de construcción y/u operación de proyectos de generación, transmisión y distribución cuando la potencia instalada sea desde 500 a 10000 kW” [155]. Las **Autoridades Competentes** respecto del sector eléctrico son: Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad y Dirección General de Asuntos Ambientales. Por otra parte, se establecen los componentes del EIA (no difiere mucho de la estructura estándar nacional). En el Art. 5 se establece el control y protección del medio ambiente donde se realizan sus actividades. En el Art. 8 se requiere un informe anual de los controles. Esto se hace en términos de los Límites Máximos Permisibles, referentes a emisiones y/o descargas. Este reglamento otorga particular importancia al Plan de Manejo Ambiental (PMA)[77].

### Análisis

Se observa que Perú tiene legislación al respecto pero no es muy específica. El Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas no deja de ser un extracto de la Ley General del Ambiente y de la ley del SEIA, enfocado al sector eléctrico. No hay grandes variaciones con respecto a otros sectores. La estructura de la EIA esta bien definida, pero no existen términos de referencia para desarrollarla. Es claro que la responsabilidad de presentar la EIA depende del concepto de la autoridad ambiental, la cual no tiene los límites bien establecidos por tipo de proyecto. Se hace referencia a 500 kW de potencia instalada en un proyecto de distribución o transmisión, lo que es muy ambiguo y se puede traducir en fallas administrativas. En la generación no hay gran diferencia entre las tecnologías disponibles, teniendo estas impactos muy diferentes.

Por otra parte, en el año 2010, se presentó una propuesta de ley (04335 de 2010) para modificar gran parte de la Ley de Concesiones Electricas. Uno de las modificaciones serviría para eliminar el requisito de la EIA para el otorgamiento de algunos *casos específicos* de concesiones eléctricas, para agilizar el inicio de proyectos. Esto sería un golpe muy fuerte al derecho ambiental.

### 2.3.6. Paraguay

#### Legislación General

El marco regulatorio ambiental actual de Paraguay se basa en la Constitución Nacional (1992). En varios artículos (6-8,38,72,109, entre otros) se menciona la protección ambiental como medio para una calidad de vida. Especialmente el Art. 8 dice: “las actividades susceptibles de producir alteración ambiental serán reguladas por la ley” [150]. Esto es una introducción a la Evaluación de Impacto Ambiental. Por otra parte la ley 1561/00 crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente (SEAM).

La **ley 294/93** trata sobre la Evaluación de Impacto Ambiental (EvIA). Establece el EIA como: “el estudio científico que, permita identificar, prever y estimar impactos ambientales en toda obra o actividad proyectada o en ejecución”[151]. Esta ley establece en el Art. 7 la necesidad de presentar el EIA para distintos tipos de proyectos, entre ellos las *usinas*<sup>20</sup> y líneas de transmisión de energía eléctrica. LA EIA se presenta para que la Autoridad Ambiental expida una Declaración de Impacto Ambiental, la cual es la aprobación o reprobación del EvIA. Así mismo se tiene el **decreto 14.281/96** el cual reglamenta la ley anterior. En este decreto se definen los conceptos importantes, se definen las autoridades ambientales, se especifican más las actividades que deben presentar EvIA, así como el procedimiento para la presentación; todo de manera general sin especificar según proyecto.

La licencia ambiental otorga al solicitante el permiso para iniciar o proseguir la obra o actividad; obliga al cumplimiento de las medidas de mitigación (Plan de Gestión Ambiental). Debe ser renovada cada dos años. El proponente debe solicitar un concepto al SEAM sobre la necesidad de presentar o no el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). En caso de requerirse, la SEAM define los Términos de Referencia. Se elabora la EIA y se envía para revisión y aprobación de la SEAM [1].

#### Legislación sector eléctrico

La Administración Nacional de Electricidad<sup>21</sup> (ANDE) tiene su propia Política Ambiental. En ella establece la prevención de impactos ambientales negativos asociados a sus actividades.

El Art. 5 del decreto 14.281/96 se establecen las actividades que deben presentar la EvIA[152]:

- Usinas y líneas de transmisión eléctrica.
  - Centrales térmicas y otras instalaciones de combustión con potencia nominal de al menos 100 MW.

---

<sup>20</sup>Instalación industrial importante, en especial la destinada a producción de gas, energía eléctrica, agua potable [162]

<sup>21</sup>ANDE: entidad estatal autosuficiente económicamente que controla el sector eléctrico; tiene un monopolio de la generación, transmisión y distribución. Además realiza funciones normativas y reguladoras como coordinar el desarrollo eléctrico, reglamentar el servicio y proposición de tarifas.[39]

- Líneas de transmisión eléctrica con una potencia superior a los 100.000 voltios, en especial cuando éstas pasan por áreas ecológicas importantes (bosques), centros de gran urbanización, y/o cercanas a aeropuertos o pistas de aviación

### Análisis

La estructura legal de la EIA para el sector eléctrico en Paraguay es simple debido a la conformación del sector. El ANDE tiene un rol que cubre muchas funciones, lo cual no siempre es lo óptimo. La SEMA es una entidad relativamente nueva, por lo que viene trabajando de manera progresiva cubriendo todos los temas de su interés. Desde la constitución, el país ha ido encaminando su legislación ambiental, adoptando los tratados internacionales más importantes. Por otra parte, la generación eléctrica en Paraguay es principalmente hidroeléctrica, por lo tanto la preocupación por el impacto ambiental no es muy grande. Se espera que la legislación ambiental en general se establezca mejor, evolucionando de las bases que han ido creando. Una separación de roles en la estructura del sistema eléctrico podría beneficiar de gran manera el establecimiento de una política fuerte respecto al impacto ambiental propio.

## 2.3.7. Uruguay

### Legislación General

La **Ley 16.466 de 1994** es la **Ley de Evaluación de Impacto Ambiental**. Esta se reglamenta por el Decreto 349/005 (con una modificación por el Decreto 178/009), el cual reemplazó el Decreto 435/94. La Ley 16.466 establece como de interés general y nacional la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo. Da algunas pautas generales y comunes y establece las actividades que están sometidas a un estudio de impacto ambiental previo. Se establece también el requerimiento de una Autorización Ambiental Previa (AAP) por parte de Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). El Decreto 349/005 establece más detalladamente las actividades y el procedimiento para obtener la AAP (Art.3). Se realiza además una clasificación de los proyectos para definir el requerimiento de presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

Por otra parte, el Art. 47 de la Constitución de la República dice: “La protección del medio ambiente es de interés general. Las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación graves al medio ambiente” [193]. Así mismo se tiene la Ley 17.283 de Protección del Medio Ambiente (año 2000), la cual provee un marco ambiental muy general, estableciendo como *instrumento de gestión ambiental* a la Evaluación de Impacto Ambiental.

### Legislación sector eléctrico

La regulación del sector eléctrico es la Ley Nacional de Electricidad - Decreto Ley 14.694. Es una ley de 1977, no muy extensa, sin temas ambientales. Sin embargo, el punto impor-

tante es la delegación de funciones a la *Administración Nacional de Usinas<sup>22</sup> y Trasmisiones Eléctricas* (UTE), realizando las actividades de “generación, transformación, transmisión, distribución, exportación, importación y comercialización de la energía eléctrica”[192]. La política ambiental de UTE incluye la gestión ambiental de todos sus procesos, así como “minimizar cualquier impacto adverso y significativo de los nuevos desarrollos eléctricos, integrando la dimensión ambiental en la planificación, ejecución, operación y abandono de los mismos”[2].

De acuerdo a Decreto 349/005, las actividades del sector que requieren la AAP son:

- Construcción de usinas de generación de electricidad de más de 10 (diez) Megavatios, cualquiera sea su fuente primaria.<sup>23</sup>
- Construcción de usinas de producción y transformación de energía nuclear, sin perjuicio de lo establecido por el artículo 215 de la Ley No 16.226, de 29 de octubre de 1991.
- Construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica de 150 (ciento cincuenta) kilovoltios o más o la rectificación del trazado de las existentes.
- Construcción de represas con una capacidad de embalse de más de 2 (dos) millones de metros cúbicos o cuyo espejo de agua supere las 100 (cien) hectáreas.

El Decreto 178/009, respecto a la Autorización Ambiental Especial, que hace referencia a los proyectos que no requirieron AAP, dice:

Las usinas de generación de electricidad existentes que se remodelaran, cuando ello implique un aumento en la capacidad de generación o el cambio de la fuente primaria utilizada, siempre que por sus características anteriores o por las resultantes de la remodelación reúnan una capacidad de generación de más de 10 (diez) Megavatios...

## Análisis

En Uruguay hay dos puntos importantes: el monopolio de UTE y la regulación de las remodelaciones. UTE se encarga de todo el sistema eléctrico, lo que en algunas cosas no es lo más óptimo. Por las condiciones geográficas y de recursos, Uruguay se está proyectando hacia energías renovables, con algunos proyectos ya en marcha y otros en proceso de licitación. La legislación ha ido evolucionando hacia la gestión ambiental, en todo el proceso productivo, pues incluye el abandono de los *desarrollos eléctricos*. Incluir la necesidad de la evaluación de impacto ambiental para la remodelación de una usina es clave para los adelantos tecnológicos que se vienen dando. Las tecnologías térmicas antiguas son muy ineficientes y contaminantes (Ver Sección 3.2.1). Actualmente hay mejoras a estos sistemas por lo que se pueden presentar proyectos de actualización y remodelación, no sólo de generación sino también de transmisión eléctrica.

---

<sup>22</sup>Instalación industrial importante, en especial la destinada a producción de gas, energía eléctrica, agua potable [162]

<sup>23</sup>Actualización por Decreto 178/009



## 2.3.8. Venezuela

### Legislación General

De manera especial, en Venezuela la Evaluación de Impacto Ambiental aparece desde la constitución. El Art. 129 dice: “Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural”[197]. El Decreto 1257 de 1996 es la legislación sobre la Evaluación Ambiental. En este decreto se establecen las actividades que deben presentar Estudio de Impacto Ambiental y su alcance, de acuerdo a los términos de referencia. El estudio sirve para obtener la autorización o aprobación para realizar el proyecto. Este decreto tiene un especial enfoque en *actividades Mineras y de Hidrocarburos*. Existe también la Ley Orgánica de Ambiente (2006). En esta ley, la Evaluación de Impacto Ambiental es parte de la gestión del ambiente, estableciendo que las actividades capaces de degradar el ambiente deben ser evaluadas previamente a través de un estudio de impacto ambiental y socio cultural [199]. La evaluación ambiental es una herramienta de prevención y minimización. Por otra parte, en la Ley Penal del Ambiente, se establece una pena de prisión al funcionario público que otorgue los permisos o autorizaciones, sin cumplir con el requisito de estudio y evaluación del impacto ambiental.

### Legislación sector eléctrico

El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables requerirá la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental para los programas y proyectos relativos a las siguientes actividades:[198]

- Minería, Exploración o producción de hidrocarburos
- Forestal, Agroindustria, Acuicultura
- **Producción de energía o industrias**
  - **Generación de energía termoeléctrica, hidroeléctrica, eólica, geotérmica y nuclear.**
- Transporte, Disposición de desechos, Desarrollo de obras de infraestructura turísticas o residenciales
- **Desarrollo de otras obras de infraestructura**
  - **Líneas de transmisión eléctrica con una capacidad mayor o igual a 230.000 voltios**
  - **Embalses para riego, control de inundaciones, abastecimiento general, generación de hidroelectricidad, con una capacidad mayor o igual a 500.000 m3 o que ocupen una superficie mayor o igual a 100 ha.**

**Análisis**

Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, la legislación venezolana no se aleja mucho de la regional. Un punto llamativo es que la EIA aparece desde la constitución, dándole mayor fuerza a nivel legislativo. Por sus condiciones propias, la legislación en general tiene más prioridad por las actividades del área de hidrocarburos. Por otra parte, en Venezuela existe un ministerio únicamente para la energía eléctrica (Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica); este no tiene funciones relacionadas con el medio ambiente pero es una ventaja tener un ministerio dedicado al sector. Finalmente, tienen una ley penal con respecto a faltas ambientales, lo cual es novedoso.

## 2.4. Otros países

De manera complementaria, después de estudiar la estructura de la EIA y el sector eléctrico en suramérica, se revisan otros países en diferentes continentes. En este caso los países seleccionados tienen alguna particularidad que merece ser mencionada. De nuevo, la metodología para la revisión es buscar información general sobre la legislación ambiental nacional, la reglamentación de la EIA y su relación con el sector eléctrico.

### 2.4.1. África - Región del sur

La *Southern African Development Community* (SADC) es una organización internacional, que tiene como objetivo la cooperación e integración socioeconómica y política, en 15 países del sur de África. Los países son: Angola, Botsuana, Lesoto, Madagascar, Malawi, Mauricio, Mozambique, Namibia, República Democrática del Congo, Sudáfrica, Suazilandia, Tanzania, Zambia y Zimbabue. En 1996, la SADC, tuvo la idea de unificar los acercamientos sectoriales respecto a temas ambientales y de desarrollo sostenible. Desde ese momento se han realizado avances para formalizar el marco legal respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

En 2007, la *Southern African Institute for Environmental Assessment* (SAIEA) y el Banco de Desarrollo de África del sur publicaron un libro respecto al tema de la EIA y su desarrollo en los países de la SADC. Los datos básicos se resumen en la Tabla 2-5[202].

**Tabla 2-5.:** Resumen Marco Legal Ambiental y EIA en África SADC

| <b>País</b>       | <b>Legislación Ambiental</b>   | <b>Reglamentación EIA</b>   |
|-------------------|--|---|
| <b>Angola</b>     | Environment Framework Law, Ley No. 5/98  | Decreto EIA no. 51/2004   |
| <b>Botsuana</b>   | Environmental Impact Assessment Act, No 11 de 2011 <sup>24</sup>                         | Guías de contenido  |
| <b>Lesoto</b>     | Ley Medioambiental, 2008   | Guía EIA 2009   |
| <b>Madagascar</b> | Charte de l'Environnement, Ley 90-033 y sus modificaciones por Ley 97-012 y Ley 2004-015 | Decret Relatif à la Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement (MECIE), Decreto No 99-954 (modificado por Decreto 2004-167) |
| <b>Malawi</b>     | National Environmental Management Act, No 23 de 1996                                     | Guía para EIA detalladas  |
| <b>Mauricio</b>   | Environment Protection Act 2002-Modificación No 6 de 2008                                | Guía para EIA detalladas  |
| <b>Mozambique</b> | Environmental Law No 20/97   | Regulations on the EIA Process, Decreto No 45 de 2004   |

Continúa en la página siguiente

<sup>24</sup>Pronta publicación oficial

Tabla 2-5 – continuación

| País                            | Legislación Ambiental   | Reglamentación EIA  |
|---------------------------------|---|---|
| Namibia                         | Environmental Management Act, No 7 de 2007  | Borrador de Procedimientos y guías para EIA y Plan de Gestión Ambiental, 2008   |
| República Democrática del Congo | Framework Law on the Environment (Borrador) Código de Minería, Ley 007/2002 <sup>25</sup> | Sólo para Código de Minería   |
| Sudáfrica                       | National Environmental Management Act. 107 de 1998 (modificado en 2003 y 2004)            | EIA Regulations, R543, 2010   |
| Suazilandia                     | Environment Management Act No 5, 2002   | Environmental Audit, Assessment and Review Regulations, Legal Notice 21 de 2000 |
| Tanzania                        | Environmental Management Act, No 20 de 2004   | EIA and Audit Regulations, Government Notice No 349 de Nov 2005                 |
| Zambia                          | Environmental Management Act, No 12 de 2011   | Environmental Protection and Pollution Control (EIA) Regulations, 1997          |
| Zimbabue                        | Environmental Management Act, 13/2002 (modificaciones 5/2004 y 6/2005)                    | EIA Guías y Política 1997   |

Fuente: Elaboración propia

Respecto al sector eléctrico, de manera general los proyectos de generación (térmica, hidroeléctrica o nuclear) y las líneas de transmisión, entran en las categorías que deben realizar una EIA como parte de un Estudio de Impacto Ambiental. Cada país tiene sus generalidades pero se puede hablar de una uniformidad en el tema respecto al sector. En África existen unas organizaciones internacionales del sector eléctrico. Se denominan *African Power Pools* (APP), de acuerdo a la región. La primera fue la Southern African Power Pool, (SAPP) que comprende los mismos países que la SADC. El objetivo general de las APPs es cooperar para proveer servicio de energía eléctrica confiable y económico a los países miembros, bajo conceptos de desarrollo sostenible. En materia medio ambiental, la SAPP desarrolló unas guías respecto a la EIA y el sector eléctrico. Como se ve en la Tabla 2-5 cada país tiene sus propias regulaciones, pero existe una estandarización a nivel regional en el tema. Por ejemplo, las guías de la SAPP son:

- Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental y Social para infraestructura de Transmisión en la región SAPP
- Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Térmicas
- Guía para la gestión y control de infraestructura eléctrica respecto a interacción animal
- Guías para la Evaluación de Impacto Ambiental y Social para proyectos hidroeléctricos en la región SAPP

<sup>25</sup>En RDC no hay una legislación de EIA específica

- Guías PCB<sup>26</sup> de la SAPP
- Guías para el uso y disposición de lamparas CFL<sup>27</sup>

A manera de revisión general, se observa que esta región africana cuenta con leyes ambientales recientes. Así mismo, el marco legal respecto a la EIA es nuevo para muchos de estos países, demostrando que la EIA hace parte de cualquier país en el mundo. Por otra parte, es interesante ver la integración y cooperación a nivel internacional para desarrollar temas de interés regional.

### 2.4.2. Canadá

La Constitución en Canadá “otorga amplias facultades a las provincias para legislar en torno a los recursos naturales y el medio ambiente; por otra parte, autoriza a la Federación para dictar leyes en materias específicas: penal, pesca, navegación, transporte marítimo, energía nuclear, comercio, líneas de transmisión eléctrica transfronterizas, etcétera”[84]. La *Canadian Environmental Protection Act* (CEPA) de 1999, tiene como objetivo la prevención de la polución y la protección del ambiente y de la salud humana[30]. Es una ley que ha tenido varias actualizaciones (una solicitud se realizó en 2007) y comprende varios temas. El primer responsable para esta ley es el Ministerio del Medio Ambiente; sin embargo, debido a los temas que comprende, se trabaja muy de cerca con el Ministerio de la Salud.

La *Canadian Environmental Assessment Act* (CEAA) de 1992, es la base legal de la evaluación ambiental a nivel federal. Es una ley larga, que establece los proyectos,<sup>28</sup> las autoridades responsables, el proceso legal de evaluación ambiental, una sección especial de efectos ambientales “trans-fronteras”, las características de un sistema de información y la estructuración de la *Canadian Environmental Assessment Agency*.

Como complemento a la CEAA, se tiene la *Comprehensive Study List Regulations* (SOR/94-638) define cuales son los proyectos que deben presentar un estudio ambiental detallado. Respecto a la infraestructura eléctrica se tiene:

- Construcción, desmantelamiento, abandono o expansión de:
  - Generación eléctrica de combustible fósil, con una capacidad de 200 MW o mayor, incremento de capacidad de 50 %
  - Generación hidroeléctrica con una capacidad de 200 MW o mayor, incremento de capacidad de 50 %
  - Generación mareomotriz, con capacidad de 5 MW o incremento de 35 %

<sup>26</sup>PCB: Bifenilos policlorados, Contaminantes presentes en algunos transformadores eléctricos

<sup>27</sup>CFL: Compact Fluorescent Lamp

<sup>28</sup>De manera general y legal más que por sus características técnicas.

- Construcción de línea de transmisión eléctrica con tensión superior a 345 kV o mayor que sea de 75 km o mayor
- Construcción, desmantelamiento o abandono de embalses
- Construcción, desmantelamiento o abandono de instalaciones nucleares con capacidad de 25 MW o mayor

La estructura nacional de Canadá, organizada en provincias, provee autonomía legal. Esto es lo opuesto de varios casos, como por ejemplo la situación europea, en la cual varios países tienen una reglamentación de la EIA estándar.

### 2.4.3. Estados Unidos

La ley principal (que se convertiría en la base mundial, ver sección 1.2.9) es la *National Environmental Policy Act* (NEPA). Viene desde diciembre de 1969, convirtiéndose en ley el primero de enero de 1970. Al implementar la política ambiental, NEPA obliga a la evaluación de los efectos medio ambientales de acciones propuestas antes de realizar decisiones, así como la participación de los ciudadanos[62]. La ley establece las políticas y objetivos ambientales para la protección, mantenimiento y mejoramiento del ambiente, mediante un proceso establecido con las agencias federales. El requisito del NEPA es el de preparar un informe detallado, conocido como *Environmental Impact Statement*<sup>29</sup> (EIS). Estos son presentados a la *Environmental Protection Agency* (EPA), quienes revisan y comentan los EIS recibidos, manteniendo un sistema nacional de información.

El proceso NEPA consiste de una evaluación de efectos ambientales, incluyendo alternativas. Hay tres niveles de análisis:

**Exclusión** Dependiendo de algunos criterios, se puede determinar rápidamente que la actividad no tiene efectos significativos.

**Preparación de evaluación ambiental/impactos no significativos (EA/FONSI)**<sup>30</sup> Se prepara una evaluación ambiental para determinar si la actividad afectará el ambiente de manera significativa. Si la respuesta es negativa, se pasa a FONSI (no impacto significativo).

**Preparación EIS** Si el EA determina que es necesario, se debe preparar un EIS. Este es más detallado y con más participación.

El *Council on Environmental Quality*<sup>31</sup> (CEQ), creado por la NEPA, coordina los esfuerzos ambientales federales y trabaja de cerca con agencias y oficinas en el desarrollo de políticas e iniciativas ambientales. La *National Energy Policy Act* (1972) asigna al CEQ la supervisión de las evaluaciones de impacto ambiental de las agencias federales[84].

---

<sup>29</sup>Estudio de Impacto Ambiental

<sup>31</sup>Consejo en Calidad Ambiental

Debido a la estructura de gobierno en Estados Unidos, las particularidades del sector eléctrico dependen de las leyes estatales:

- La decisión sobre el sitio de generación eléctrica depende generalmente de los planes estatales de uso de suelo, de la zonificación municipal, de la legislación en materia de uso de suelo o una combinación de ellas.
- En el caso de hidroeléctricas, se determina por la Ley Federal de Energía (FPA)
- La *Federal Energy Regulatory Commission*<sup>32</sup> (FERC) tiene autoridad, respecto de las hidroeléctricas, para emitir licencias y permisos para construir, operar y mantener presas, conductos de agua, reservas y líneas de transmisión (en cierta parte). La FERC no tiene autoridad en la construcción o mantenimiento de centrales de generación y tiene jurisdicción limitada en las líneas de transmisión. La responsabilidad de estas reside en las *Public Utility Commissions*<sup>33</sup> estatales [83].
- Para generación nuclear, se refiere a la Ley de Energía Atómica.
- Por ejemplo, en el estado de California, la Orden General 131-D de 1994, referente al planeamiento y construcción de generación, transmisión, distribución y subestaciones eléctricas en California, dice: Ninguna empresa debe iniciar la construcción en este estado de alguna central de generación mayor de 50 MW, o la modificación, alteración o adición, así como de líneas de transmisión de más de 200 kV, sin la autorización del comisionado.

#### 2.4.4. Comisión Europea

La Comisión Europea adoptó en 1985 la directiva de Evaluación de Impacto Ambiental, como un instrumento para la simplificación y alineación de las políticas de los estados miembro. En 1985 apareció la **Directiva 85/337/CEE**, en la cual se establecieron las bases del procedimiento de EIA para proyectos públicos y privados; su inclusión progresiva en la legislación de cada estado miembro, así como los proyectos sujetos a EIA. Así mismo la directiva 85/337/CEE establece la información que debe tener el reporte, sin establecer alguna metodología específica.

La directiva 85/337/CEE ha sido actualizada tres veces: en 1997, 2003 y 2009[81]:

**Directiva 97/11/EC** Alineación con la UNECE Espoo Convention<sup>34</sup>. Aumento del número de tipos de proyectos cubiertos. Estableció nuevos tipos de *screening* (criterios), así como la información requerida.

<sup>32</sup>Comisión Federal de Regulación Energética

<sup>33</sup>Comisiones de Empresas de Servicios Públicos

<sup>34</sup>United Nations Economic Commission for Europe, Convención de EIA en el contexto transfronterizo, 1991 en Espoo - Finlandia

**Directive 2003/35/EC** Alineación e introducción de la participación pública según la Convención Aarhus UNECE<sup>35</sup>.

**Directive 2009/31/EC** Actualización de proyectos relacionados con el transporte, captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Inicialmente, en los proyectos sometidos a la EIA según la Directiva 85/337/CEE se incluían las plantas térmicas (>300 MW), instalaciones de producción de electricidad, transporte de energía eléctrica, hidroeléctricas y embalses. La Directiva 2011/92/EU, publicada el 28 de enero de 2012, es la nueva legislación de la Comisión Europea. Se trata de la actualización de la 85/337/CEE y la inclusión de sus actualizaciones en una sola versión. Esta directiva no define alguna metodología para el desarrollo de la EIA. Para el sector eléctrico, los proyectos que requieren EIA son[82]:

- Centrales térmicas mayores a 300 MW
- Centrales nucleares
- Embalses
- Líneas de transmisión de 220 kV o más, y mayores a 15 km
- Hidroeléctricas
- Plantas Eólicas

Para el caso de Europa sobresale el esfuerzo internacional de fortalecer y estandarizar la reglamentación de la EIA. Se han presentado múltiples actualizaciones, con una reciente (directiva 2011/92/EU), lo cual demuestra el interés de tener un marco reglamentario óptimo. Respecto al sector eléctrico, hay que remitirse a la legislación particular de cada país para tener puntos significativos.

### 2.4.5. Francia

En Francia toda la legislación ambiental se compila en el *Code de l'environnement* (Código del Medio Ambiente). Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, sus orígenes se remontan a la *Ley del 10 de julio de 1976*, sobre la protección de la naturaleza. El Artículo **L122-1** establece que los proyectos, obras o modificaciones públicas o privadas, que por su naturaleza sean susceptibles de tener incidencia notable sobre el medio ambiente y la salud humana, deben realizar antes un estudio de impacto. Ahora bien, en la parte reglamentaria, en el grupo de artículos R122-1 a R122-16, se determinan las autoridades ambientales y el contenido del estudio. Se establece que se debe incluir un análisis de los métodos utilizados para evaluar los efectos del proyecto sobre el medio ambiente, mencionando las dificultades técnicas o científicas encontradas en la evaluación. No se establece una

<sup>35</sup>UNECE. Convención sobre acceso a la información, participación pública en la toma de decisiones y acceso a la justicia en temas medioambientales

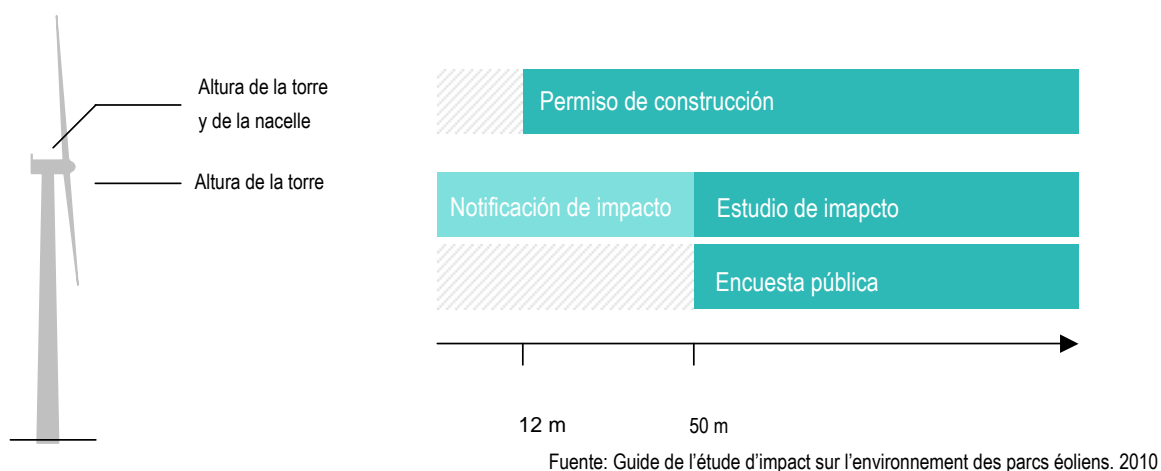


metodología en especial ni los criterios de evaluación.

El sistema de EIA francés tiene tres particularidades que llaman la atención:

- Se establecen los proyectos que NO están sometidos al procedimiento (artículo R122-5). Por ejemplo, la instalación de líneas de tensión inferior a 63 kV, o subterráneas menores de 225 kV.
- Existe también un criterio económico: según el artículo R122-8, los proyectos con costo total inferior a 1 900 000 euros, no están sometidos a estudios de impacto.
- Existe otra figura aparte de un Estudio de Impacto, la Notificación de Impacto (*notice d'impact*). Esta notificación es más simple que un estudio. Se requiere en proyectos intermedios.

Respecto al sector eléctrico se encuentran algunas guías ambientales. Como ejemplo, la Figura 2-2 muestra el requerimiento de EIA para parques eólicos de acuerdo a las dimensiones de las turbinas eólicas.



**Figura 2-2.:** Requerimiento EIA parques eólicos en Francia

Los proyectos del sector eléctrico que NO están sometidos a Estudio de Impacto son (Art R122-5):

- 5. Transporte y distribución de electricidad** Instalación o modernización de líneas con tensión inferior a 63 kV. Construcción e instalación de líneas subterráneas con tensión inferior a 225 kV, o bien, iguales a 225 kV y longitud igual o menor de 15 km. Electrificación de vías férreas
- 8. Energía hidráulica** Instalación y modernización de centrales con potencia máxima de 500 kW.
- 12. Embalses** Capacidad inferior a 1000  $m^3$  o superficie inferior a 10 ha

## 20. **Energía eólica** Instalación y modernización de proyectos con altura inferior o igual a 50 m.

El caso de Francia es especial. Utiliza otros criterios en el proceso reglamentario de la EIA. Así mismo, el Código del Medio Ambiente, siendo una compilación, tiene una articulación fuerte con todos los temas de legislación ambiental. En la versión electrónica [38] es posible observar las versiones futuras (modificaciones que están propuestas), versiones anteriores y la versión actual.

### 2.4.6. México

La legislación ambiental en México se basa en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y en su Reglamento. En estos documentos se indican los proyectos que deben realizar un Informe Preventivo (IP). De acuerdo a la revisión se decide el requerimiento de presentar un Reporte de Estudio de Impacto Ambiental (REIA), o Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la autoridad ambiental.

Respecto al sector eléctrico, desde la constitución de 1917, el gobierno federal tiene la autoridad y el control de la generación y distribución eléctrica. Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental, el Art. 28 de la LGEEPA establece las actividades que requieren autorización previa. En el punto II de la LGEEPA, se nombra la **industria eléctrica**, sin especificar más. Según el Reglamento de la LGEEPA, se debe presentar uno de los tipos de Estudio de Impacto Ambiental: Regional (R-EIA) o Particular (P-EIA). Además, si el proyecto llegase a presentar alguna actividad denominada riesgosa, tendría que presentar un Estudio de Riesgo Ambiental (ERA). [100]

Para proyectos de energía renovable, sólo existe una regulación sobre los niveles de ruido producido. Existen algunas normas como NOM-EC-OL-059-2001, NOM-113 y NOM-114, las cuales se refieren a interferencia electromagnética, impacto al paisaje (visual), erosión eólica, iluminación nocturna, dimensiones y color de aeroturbinas que eviten daños a avifauna[100].

De acuerdo a una revisión de la legislación ambiental y el sector eléctrico[100], para el caso particular de México se concluye que “se hace necesario que el sector eléctrico y sus actividades se inscriban en las auditorías, voluntarias y supervisadas por PROFEPA<sup>36</sup>, ... para que la industria eléctrica cuente con más certificados de industria limpia”. Así mismo, se deben “desarrollar nuevas leyes que regulen o atenúen las consecuencias ambientales causadas por proyectos eléctricos y actividades relacionadas”[100].

---

<sup>36</sup>Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

## 2.5. Resumen - Análisis legislación EIA internacional

Después de revisar la legislación internacional respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y su relación con el sector eléctrico de acuerdo con los criterios establecidos (ver página 72), se han identificado algunos temas principales para realizar una comparación de las mejores prácticas. Los temas son:

- Ley nacional ambiental
- Ley de Evaluación de Impacto Ambiental
- Licencia Ambiental
- Estudio de impacto ambiental
- Evaluación de Impacto Ambiental y sector eléctrico
- Comentarios generales

El marco legal ambiental general se encuentra presente en todos los países. De manera progresiva se ha desarrollado y actualizado<sup>37</sup>, conforme los tratados internacionales, organismos regionales e iniciativas nacionales. La ley ambiental nacional tiene una estructura típica y un enfoque especial hacia los **temas administrativos**. Es común que la autoridad ambiental de mayor jerarquía sea un ministerio. Sin embargo, en muchos casos pueden tener otras áreas o funciones. Por ejemplo en Colombia es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En otros países incluye Turismo o Salud entre otros. De acuerdo con la ley ambiental también es común encontrar la creación de **autoridades ambientales** de carácter regional, así como secretarías o consejos. Un caso especial de ley nacional es el de Francia (Sec 2.4.5), donde el Código del Medio Ambiente, la ley mayor, es un texto bastante largo que cubre una gran variedad de temas. Una gran particularidad es que se actualiza constantemente, teniendo un marco legislativo dinámico. Por otra parte, países como Estados Unidos o Argentina tienen un marco legal ambiental nacional, pero cada estado o provincia tiene autonomía para tener sus propias regulaciones respecto a la ley nacional. Finalmente, se pueden encontrar uniones de países para el desarrollo de la legislación ambiental en conjunto: la Unión Europea y las *Comunidades Africanas* son los mejores ejemplos.

Así como existe una ley ambiental general, es común que existan una ley de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). En esta ley se establece el sistema de EIA, se definen sus objetivos, responsables, procedimientos, sectores incluidos y otros puntos. La EIA se define entonces como un **instrumento legal** ha tenido una importancia creciente desde el NEPA de Estados Unidos. Actualmente se encuentra presente en casi todos los países. La EIA funciona como un control a los nuevos proyectos, o bien, a la modificación de los existentes. Se aplica a proyectos de sectores que por su naturaleza, dimensiones o ubicación, son susceptibles de impactar negativamente el ambiente. Los sectores típicos son: hidrocarburos, minero, eléctrico y desechos. Dependiendo de las características del proyecto, este debe o no debe

---

<sup>37</sup>Para más detalle ver Tabla 1.2.9

presentar un **Estudio de Impacto Ambiental** (EsIA). Es importante anotar que el EsIA es un documento que recopila toda la información del proyecto referente al ambiente. La EIA, como identificación y valoración de los impactos, es un capítulo de un EsIA. La EIA de cada país establece los requerimientos y regulaciones para presentar los EsIA. Esto con el objetivo de obtener una **licencia ambiental**.

La licencia ambiental es un **permiso**, algunas veces **temporal**, para **desarrollar proyectos o modificar existentes**. En Brasil, por ejemplo, se requieren varias licencias a lo largo del proyecto. Los proponentes de algunos proyectos específicos requieren esta autorización, para lo cual presentan un EsIA. Estos son evaluados por la **autoridad ambiental competente** (a nivel nacional generalmente es el ministerio de ambiente). Sin embargo, dependiendo de las características del proyecto, puede ser presentado a una autoridad ambiental de menor jerarquía. En algunos casos, para renovar la licencia ambiental, se realiza un control de los resultados a los planes de gestión y manejo diseñados en el EsIA.

Un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es un documento requerido por la autoridad ambiental para ciertos proyectos. En algunos casos existen categorías de EsIA, es decir que dependiendo de las características del proyecto, el proponente presenta un EsIA detallado, compacto o una ficha ambiental. En Colombia existe un único EsIA, mientras que en otros países existen categorías (así como en el proceso de EIA y en las licencias ambientales). En ocasiones se presenta una versión inicial, la cual se revisa para luego pasar a una versión definitiva. La flexibilidad de los EsIA puede ser un factor importante para consolidar una cultura de prevención y control del impacto ambiental. En general los componentes básicos de un EsIA son:

- Información del proyecto
- Caracterización del área de influencia (los medios abiótico, biótico y socioeconómico)
- Evaluación de Impactos Ambientales (identificación y valoración)
- Plan de manejo ambiental del proyecto (programa de manejo)
- Programa de seguimiento y supervisión

En la mayoría de los países se establecen directamente los sectores o proyectos que requieren un proceso de licenciamiento ambiental. El sector eléctrico tiene impactos ambientales bien conocidos, como emisiones de CO<sub>2</sub> en generación térmica, inundaciones para embalses, afectación de fauna y flora por torres de transmisión, entre otros (para más detalle, ver Capítulo 4). De los proyectos de infraestructura eléctrica, los siguientes son los que típicamente requieren un EsIA:

- Centrales de generación térmica, hidráulica y nuclear
- Líneas de transmisión

Esto deja por fuera otros proyectos del sector eléctrico (ver Capítulo 4) que pueden tener impactos ambientales, quizás no tan importantes como los de los proyectos anteriores, pero aun así significativos. En varias ocasiones esto depende de los límites establecidos por las regulaciones. En Colombia se establecen las fronteras (ver sección 2.2.3), en otros países no existe este criterio, es decir que el proponente debe hacer una presentación preliminar del proyecto para determinar si requiere o no EsIA (*screening*). Las particularidades de la ubicación y del proyecto determinan que lo mejor es no tener límites inicialmente definidos. Lo más adecuado es realizar una evaluación preliminar. Finalmente, algunos países cuentan con guías y reglamentos ambientales para desarrollar los EsIA de proyectos de infraestructura eléctrica.

Aunque existe un marco legal respecto a la EIA muy similar a nivel mundial, hay particularidades que podrían optimizar su desarrollo en Colombia. Las organizaciones internacionales como la Unión Europea o las *Power Pools* en África son ejemplos de los beneficios de contar con una política regional integrada. Debido a las condiciones geográficas y culturales, una organización latinoamericana de temas ambientales o de EIA, podría traer grandes avances en la legislación ambiental regional. Un ejemplo de integración en temas de EIA es la política transfronteriza entre España y Portugal [4] o entre Alemania y Polonia[5]. Se concluye que la política es necesaria para evitar problemas cuando se tienen recursos compartidos, especialmente el agua. Para el sector eléctrico hay algunos ejemplos. La central hidroeléctrica de Itaipú, la segunda más grande del mundo, se encuentra entre Brasil y Paraguay. Su desarrollo requirió el trabajo conjunto en el EsIA. Por otra parte, existen proyectos de interconexión internacional mediante líneas de transmisión, denotando la importancia de tener una política de EIA transfronteriza.

Los EsIA requieren un análisis profundo para determinar cuáles serían sus posibles mejoras. Por ejemplo, una medida complementaria sería implementar varios niveles de EsIA. Dependiendo de las características del proyecto, el nivel de detalle puede variar. Esto puede alimentar un sistema de información ambiental, el cual contiene una gran base de datos centralizada. Un gran problema de los sistemas EIA es no contar con información disponible [170]. En este momento pueden existir bases por separado que tendrían más utilidad si se unen en una sola. Así mismo, el uso de límites fijos para definir si un proyecto esta sujeto a EIA o no, puede no ser óptimo. Es mejor contar con una etapa de screening, en la cual la autoridad ambiental determine justificadamente los requerimientos en términos de licencias ambientales.

En resumen, existen posibilidades de mejora para el proceso de la EIA en Colombia, no específicamente para el sector eléctrico sino para el proceso general.



## 3. Sistema de Potencia Eléctrica

### 3.1. Introducción

Como se vio en el Capítulo 2, a nivel mundial, múltiples tipos de proyectos tienen requisitos legales sobre el impacto ambiental que producen. Los proyectos de infraestructura eléctrica no están exentos de esto: requieren obtener licencias ambientales para su desarrollo. El instrumento para obtener la licencia es un documento, un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA). El componente más importante de un EsIA es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es decir la identificación y valoración de los impactos ambientales esperados.

El objetivo de este trabajo es realizar una propuesta metodológica para la EIA de la infraestructura eléctrica. Por lo tanto, es necesario estudiar las características propias de los proyectos de infraestructura eléctrica. En esta sección se revisa el concepto de **Sistema de Potencia Eléctrica**, como conjunto de toda la infraestructura eléctrica.

En la primera parte de este capítulo se explica brevemente el funcionamiento de un sistema de potencia como medio de generación y transporte de la energía eléctrica. La cadena de valor del sistema eléctrico es: Generación, Transmisión, Distribución y Consumidores. En cada una de las etapas se explican sus principales características, funciones y componentes. Los sistemas de potencia han tenido una evolución lenta con respecto a otros sectores. A nivel mundial se encuentran los mismos parámetros y esquemas, los cuales se aplican desde hace más de 30 años. No obstante, la integración de dispositivos electrónicos y de tecnologías de comunicaciones han permitido la optimización de la operación del sistema.

En la segunda parte se da una mirada sobre el sector eléctrico colombiano. Se revisan sus generalidades técnicas, como la capacidad instalada, la generación típica, datos del sistema de transmisión y comportamiento de la demanda. Se hace un énfasis en la planeación y proyección de estas generalidades. Así mismo se revisa su estructura institucional, para así conocer quienes tienen responsabilidades en el sistema.

Finalmente, después de conocer la legislación de EIA, sus implicaciones sobre la infraestructura eléctrica y el concepto de sistema de potencia, se analiza la justificación de proponer una metodología para la EIA de proyectos de infraestructura eléctrica.

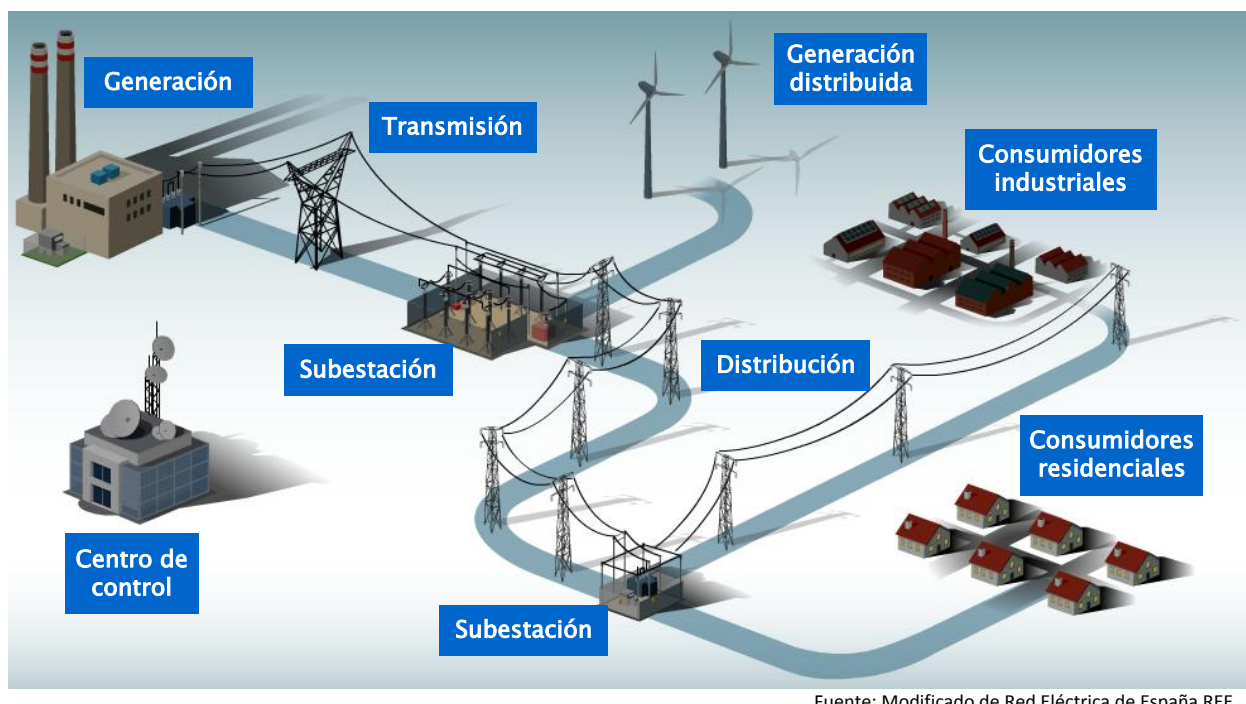
## 3.2. Sistema de Potencia Eléctrica

El sistema de potencia eléctrica es la infraestructura necesaria para llevar la energía eléctrica generada, de diversas fuentes, a los centros de consumo. El sistema eléctrico tiene componentes básicos, que son comunes en la gran mayoría de los sistemas a nivel mundial. En la Figura 3-1 se observa un esquema de sistema eléctrico convencional. La cadena empieza con la **Generación**, etapa en la cual se transforma la energía disponible a energía eléctrica a niveles cercanos (típicos) a 13,8 kV. Es común que estos centros de generación sean grandes y que estén ubicados lejos de los centros de consumo, por lo tanto se requiere una **Transmisión**, o transporte, de la energía. Mediante transformadores se eleva la tensión de salida de los generadores a niveles superiores a los 200 kV, incluso llegando a superar los 1000 kV. En el camino se encuentran **Subestaciones**, que a este punto sirven como elemento de control, protección, transformación y derivación. Así mismo, es común que una línea que transporta energía se divida en varias para cubrir más áreas y para interconectar todo el sistema (configuración de mallas). Cuando se acercan a los centros de consumo se pueden presentar disminuciones en el nivel de tensión. A esto se le denomina **Distribución**, con niveles inferiores a los 150 kV hasta los 110 V que encontramos en nuestros hogares. Esta última parte se conoce como **Consumidores**, que generalmente se divide en: residenciales, industriales y comerciales. En la Figura 3-1 se observa también una torre eólica. Esta tecnología hace parte de las llamadas **Energías Renovables**. Estas se están volviendo cada vez más importantes y llamativas a nivel internacional; principalmente en países desarrollados, quienes cuentan con los recursos para su instalación (mayor a la generación común). Estas representan la Generación Distribuida. Una tendencia de cambiar el concepto de una generación grande y concentrada, a una generación pequeña y distribuida. La Generación Distribuida se asocia siempre con energías renovables, pero se pueden encontrar equipos de diesel u otros. Un elemento muy importante del sistema eléctrico, poco conocido, es el **Centro de Control**. Existen varios a lo largo del sistema aunque hay uno principal. Los centros de control reciben información en tiempo real de todo el sistema interconectado. Se encargan de supervisar y operar los elementos relevantes de este. Así mismo tienen, funciones del mercado de energía, donde se compra y vende energía eléctrica para suplir la demanda diaria.

El sistema eléctrico ha ido evolucionando con la incorporación de la electrónica y las comunicaciones. El concepto que agrupa el desarrollo integral del sistema de potencia eléctrico son las Redes Inteligentes (*Smart Grids*). En la concepción de estas, se tiene muy en cuenta la sostenibilidad ambiental y especialmente, la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

En la Figura 3-1 se muestra la cadena de valor básica de un sistema de potencia eléctrica típico[164]. La energía eléctrica recorre un largo camino desde la generación (convencional y renovables), pasando por la transmisión y distribución (y sus respectivas subestaciones), para llegar a los consumidores. Para optimizar el recorrido, en términos económicos y técnicos, va cambiando de nivel de tensión mediante transformadores. Todo lo anterior se desarrolla bajo la operación y supervisión de un Centro de Control.





Fuente: Modificado de Red Eléctrica de España REE

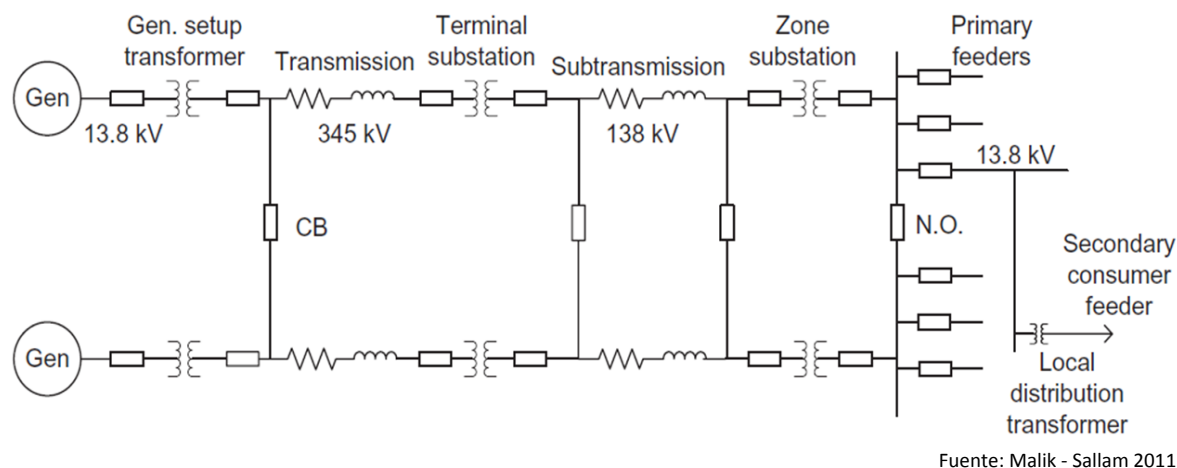
**Figura 3-1.:** Sistema eléctrico convencional

En la Figura 3-2 se encuentra un modelo eléctrico sencillo del sistema de potencia. A la izquierda se encuentran dos generadores, los cuales se conectan a un transformador para elevar la tensión (a 345 kV). En general, las conexiones entre elementos del sistema utilizan equipos de protección. En la figura se representan solamente interruptores<sup>1</sup> (*CB: Circuit Breaker*). El sistema de transmisión se modela como una resistencia y una inductancia. Luego pasa a una subestación, en la cual se disminuye la tensión (138 kV). Una vez se acerca a los centros de consumo, se llegan a otra subestación, esta vez de distribución. En esta la tensión se reduce a 13.8 kV, llevando la energía eléctrica a los consumidores mediante alimentadores (*feeders*), también protegidos por interruptores. Finalmente, se utiliza otro transformador para disminuir la tensión a los niveles que se encuentran en los hogares o industrias (110 V a 440 V). En la Figura 3-2 se observan conexiones entre los sistemas de alta tensión. Esto se debe a que el sistema de transmisión tiende a ser una malla, en la que se interconectan las fuentes de generación para obtener sistema robusto ante eventos anormales.

Por otra parte, al nivel de subestación se encuentra un interruptor N.O.<sup>2</sup>. Este interruptor se utiliza en caso de requerir suplencias, es decir, de cubrir la demanda de manera momentánea (mientras realizan mantenimiento o en caso de falla) utilizando otros circuitos.

<sup>1</sup>Equipo electro-mecánico con la capacidad de desconectar un circuito en condiciones de operación no normales (falla)[107].

<sup>2</sup>(N.O.: *Normally Open*, Normalmente Abierto)



**Figura 3-2.:** Diagrama unifilar básico sistema de potencia

Los componentes básicos del sistema eléctrico se describen brevemente en las siguientes subsecciones (3.2.1 - 3.2.6).

### 3.2.1. Generación

Existen diversos tipos de transformación de energía a energía eléctrica. El generador eléctrico es una máquina que recibe energía cinética de una turbina y la convierte a energía eléctrica mediante campos electromagnéticos. Con sistema de control adecuado, la señal de tensión de salida es de forma sinusoidal (AC, alterna) de la frecuencia y magnitud deseada.

Las turbinas se mueven debido al paso de agua, vapor o viento. En el caso del agua, se aprovecha la diferencia de altura (potencial) y el caudal. Las centrales térmicas usan combustibles, tales como gas, carbón, energía nuclear o derivados del petróleo, para calentar agua y convertirla en vapor. Este vapor cumple un ciclo termodinámico, empujando una turbina en su paso. Las turbinas eólicas se mueven gracias a la fuerza que ejerce el viento sobre las aspas. Por otra parte, en el caso solar se transforma la radiación solar a energía eléctrica mediante reacciones químicas.

Las tecnologías que emplean turbinas generan energía eléctrica alterna (AC). En Colombia la frecuencia de operación de todo el sistema es de 60 Hz y la tensión en los consumidores residenciales es de 110/220 V. Las tecnologías que usan reacciones químicas generan energía eléctrica continua (DC). Esta se transforma a tensión AC mediante inversores.

El proceso de generación eléctrica ha evolucionado en varios aspectos: nuevos materiales (más capacidad y menos pérdidas), equipos de control y supervisión (programación óptima por franjas horarias, control de estabilidad del sistema, disponibilidad de nuevas mediciones de parámetros), metodologías de mantenimiento (reducción de fallas y de tiempo fuera de servicio), uso de nuevas fuentes de energía (renovables, generación distribuida), entre otros.

La clasificación básica las tecnologías de generación de energía eléctrica es (ver Figura 3-7):

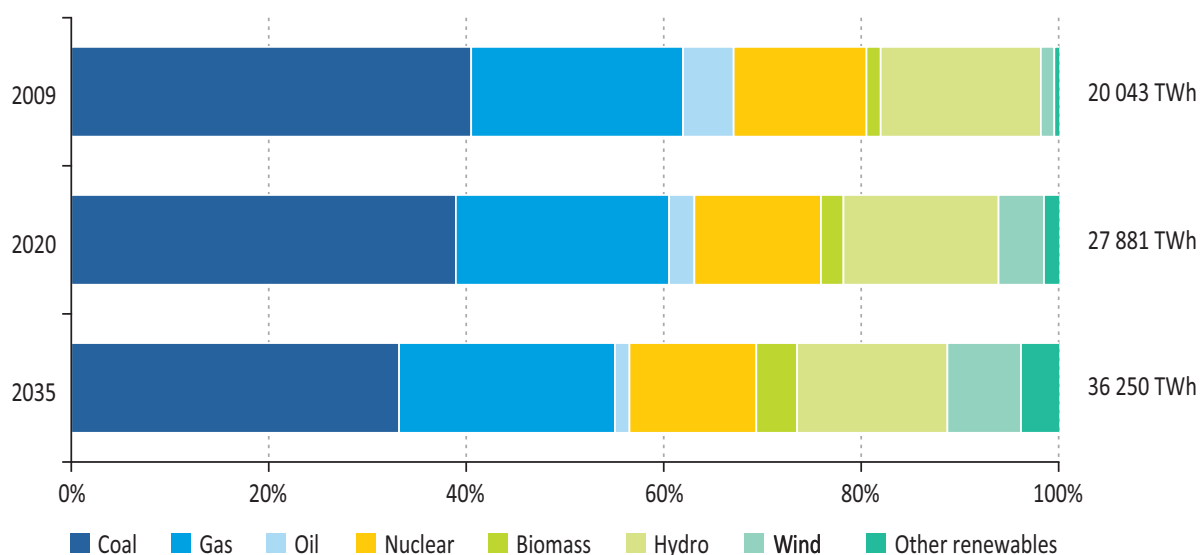
**Centrales térmicas** Carbón, Gas, derivados de petróleo, etc.

**Centrales hidráulicas** pequeñas y grandes hidroeléctricas

**Centrales nucleares** Diferentes tipos de reactores y potencias

**Energías renovables** Eólica, Solar, Mareomotriz, Geotérmica, Undimotriz, etc.

La Figura 3-3 muestra el porcentaje de participación de las distintas tecnologías de generación a nivel mundial. La primera barra representa el año 2009. Las otras dos barras son proyecciones de la *International Energy Agency* (IEA) para los años 2020 y 2035[113].



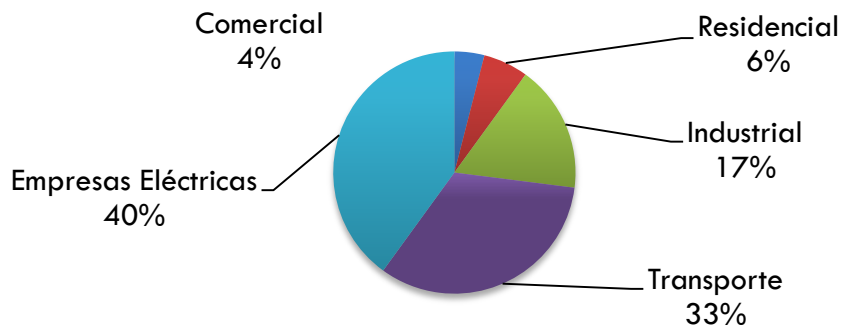
Fuente: World Energy Outlook 2011

**Figura 3-3.:** Generación de energía eléctrica mundial por tipo y proyección

De la Figura 3-3 se puede concluir que actualmente aproximadamente el 40 % de energía eléctrica proviene del carbón, del cual también se sabe existen reservas suficientes para más de cien años. El carbón es un contaminante medioambiental de grandes proporciones. En la Figura 3-4 se observan las principales fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> en Estados Unidos en 2007 [19]. El caso de China es más grave, donde más del 50 % de las emisiones provienen del sector eléctrico, además de estar en crecimiento[209]. Es claro que el impacto ambiental debido a la generación eléctrica es grande. En Colombia esta situación no es tan significativa, debido a que el parque de generación es principalmente hidráulico (ver Sección 3.3.2).

De la Figura 3-3 también se concluye que el porcentaje de generación con gas, energía nuclear e hidroeléctricas se va a mantener casi constante. Los cambios importantes se presentan en la reducción de la generación con derivados del petróleo y el aumento de la participación de las fuentes renovables, como la biomasa o la eólica. Esto es importante tenerlo en cuenta, ya

que realmente no se espera un cambio radical en la generación de energía eléctrica a nivel mundial. Se puede decir que se trata de sustituir el porcentaje de generación con derivados del petróleo a partir de energías renovables. Finalmente, se observa que se espera que la demanda de energía eléctrica este cerca de duplicarse en una franja de 25 años (de 20 a 36 TWh). El crecimiento esperado en Colombia se encuentra en la Sección 3.3.4.



Fuente: Bernstein 2007

**Figura 3-4.:** Emisiones de CO<sub>2</sub> en Estados Unidos. Tomado de Bernstein 2007 [19]

Con respecto a la Figura 3-4, como sucede en la gran mayoría de los países, cerca de un tercio de las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen del sector transporte. Actualmente la dependencia del petróleo y sus derivados es muy alta. Sin embargo, el transporte eléctrico está aumentando su participación de mano de los desarrollos tecnológicos: la transición de usar un vehículo de gasolina a uno eléctrico ya no presenta dificultades, de hecho es mejor económicamente, lo que se requiere es un cambio cultural. La masificación del transporte eléctrico va a significar un aumento importante de la demanda de energía eléctrica. Por lo tanto es importante establecer mecanismos para la expansión de la generación de manera responsable con el ambiente. Por ejemplo, el uso de tecnologías tipo CCS<sup>3</sup> o el impulso de energías renovables.

Debido a que se hace mucha énfasis en las emisiones de la generación eléctrica, se revisan algunos aspectos sobre este tema. La Tabla 3-1 presenta una comparación de las emisiones de GEI de diversas tecnologías la generación térmica y la Tabla 3-2 una comparación con otras tecnologías. Se observa que de la generación térmica, la que menos contamina en términos de emisiones de GEI es la nuclear. Pero más importante aun, es la comparación con otras tecnologías, donde se observa que las emisiones son de tres a cuatro veces más grandes.

Para mitigar este impacto, aparte de las tecnologías tipo CCS, también existen incentivos regulatorios. Por ejemplo, la Figura 3-5 presenta como un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub> podría convertir a la generación térmica con carbón en una opción menos atractiva, y además promover otras tecnologías más *amigables* con el ambiente[17].

<sup>3</sup>CCS: Carbon Capture and Storage. Almacenamiento geológico, biológico o en el océano de carbón, para evitar su emisión descontrolada al ambiente[200]

**Tabla 3-1.:** Comparación de emisiones GEI (g-CO<sub>2</sub>/kWh) de generación térmica

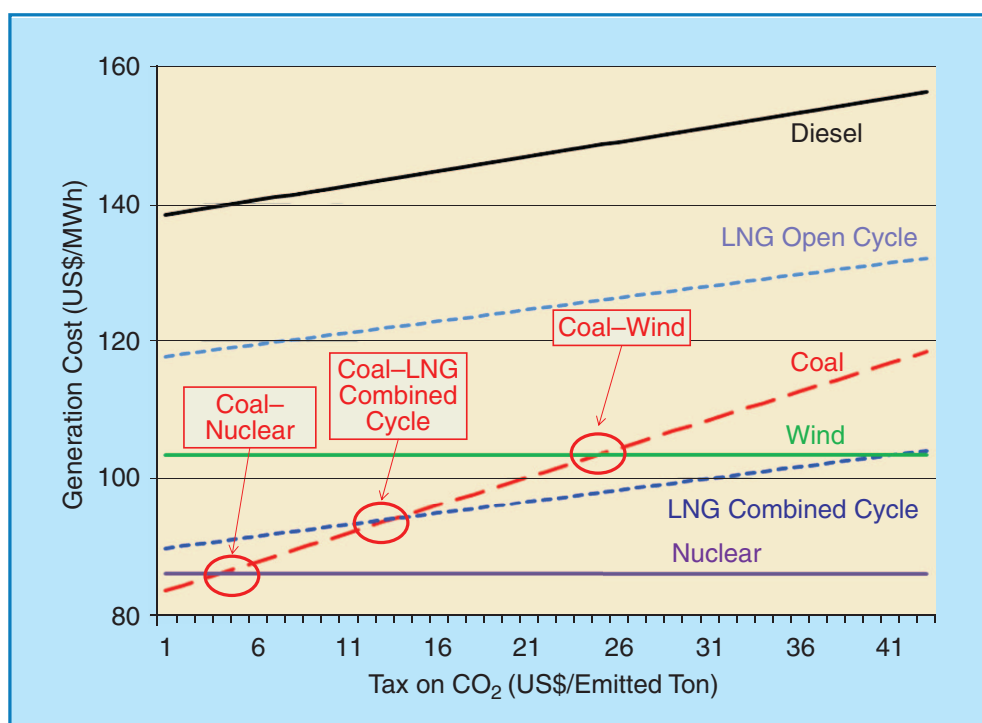
| Fases de LCA     | Carbón       | Petroleo     | Gas          | Nuclear     |
|------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Combustión       | 868.8        | 704.3        | 477.9        | -           |
| Construcción     | 3.6          | 2.3          | 2.9          | 2.8         |
| Operación        | 32.0         | 25.2         | 117.7        | 20.9        |
| Desmantelamiento | 52.9         | 0.3          | 9.1          | 0.4         |
| <b>Total</b>     | <b>975.3</b> | <b>742.1</b> | <b>607.6</b> | <b>24.2</b> |

Fuente: Varun et. al 2008

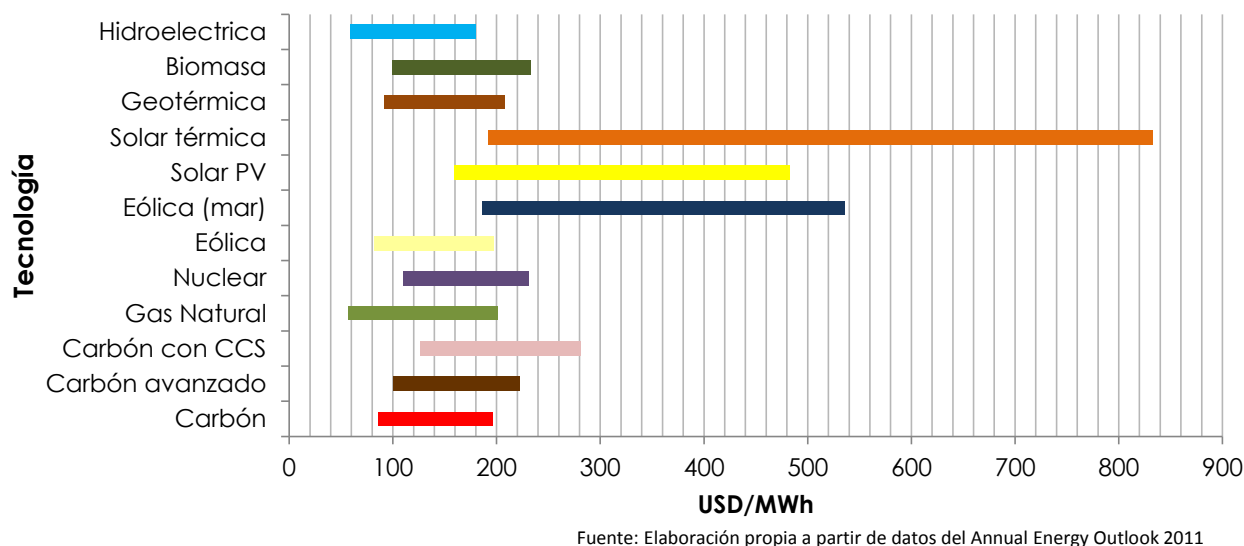
**Tabla 3-2.:** Comparación de emisiones GEI (g-CO<sub>2</sub>/kWh) de fuentes de generación

| Convencional |                          | Renovables      |                          |
|--------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| Sistema      | (g-CO <sub>2</sub> /kWh) | Sistema         | (g-CO <sub>2</sub> /kWh) |
| Carbón       | 975.3                    | Eólica          | 9.7-123.7                |
| Petroleo     | 742.1                    | Fotovoltaica    | 53.4-250                 |
| Gas          | 607.6                    | Biomasa         | 35-178                   |
| Nuclear      | 24.2                     | Solar térmica   | 13.6-202                 |
|              |                          | Hidroeléctricas | 3.7-237                  |

Fuente: Varun et. al 2008

**Figura 3-5.:** Efecto en el costo de generación con un impuesto a emisiones de CO<sub>2</sub> en Chile

La Figura 3-6 presenta el costo de generación esperado para diversas tecnologías. Se observa que el bajo costo del carbón le permite mantenerse como primera opción de generación en algunos países[76].



**Figura 3-6.:** Costo esperado de tecnologías de generación eléctrica

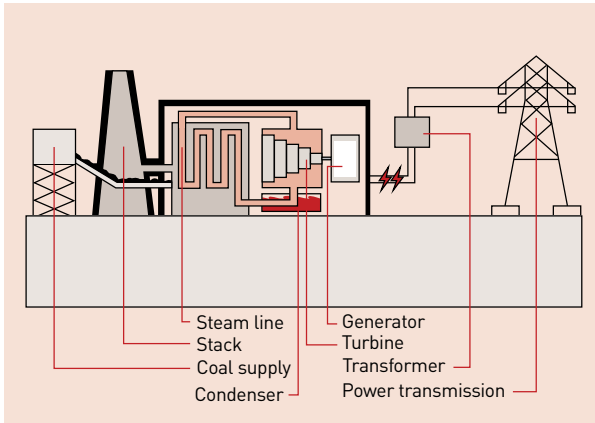
Finalmente, la Figura 3-7 presenta los esquemas básicos de las instalaciones y componentes de las tecnologías de generación eléctrica.

### Generación Distribuida

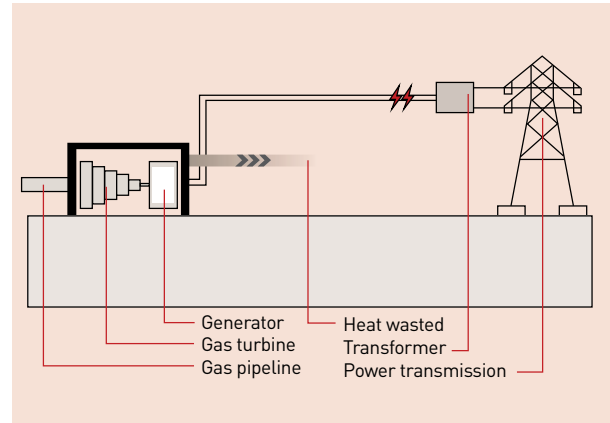
No hay una definición universal de la Generación Distribuida (GD)[154]. Se puede decir que la GD es la generación de energía eléctrica en una escala suficientemente menor que las centrales típicas, lo que permite una interconexión cercana al consumidor. No hay un consenso mundial de los límites o características específicas. La GD tiene más retos técnicos que la estructura convencional: protecciones, confiabilidad, incentivos económicos, demanda pico, flujos bidireccionales, electrónica de potencia, entre otros[153]. La evolución del sistema de potencia tiene elementos claves como el impacto de la GD en toda la cadena. Se cambia el diseño de la red de distribución de manera significativa (protecciones, topología, medición y control, etc). Otro punto llamativo es que el usuario podría vender la energía que genere y no consuma, cambiando radicalmente la estructura de mercado actual.

Respecto al ambiente, con la implementación de la GD se pueden evitar inversiones en centrales de generación grandes así como en sus líneas de transmisión. Así mismo, la GD va en crecimiento de la mano con el impulso de las energías renovables, siendo una ayuda en cuanto a reducciones de gases efecto invernadero. Finalmente, por el tamaño y las características técnicas de la GD, en muchos casos podría estar exenta de presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

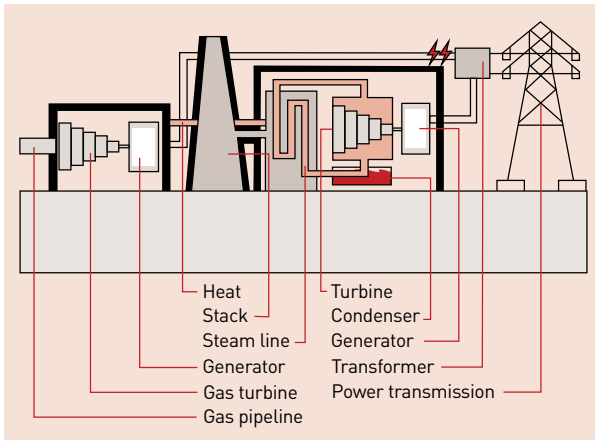
**Coal fired generation**



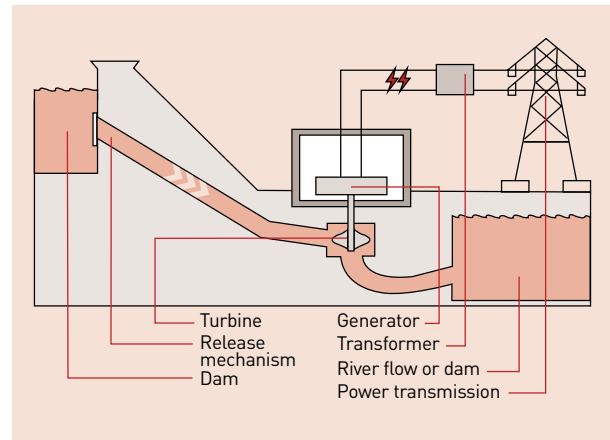
**Open cycle gas fired generation**



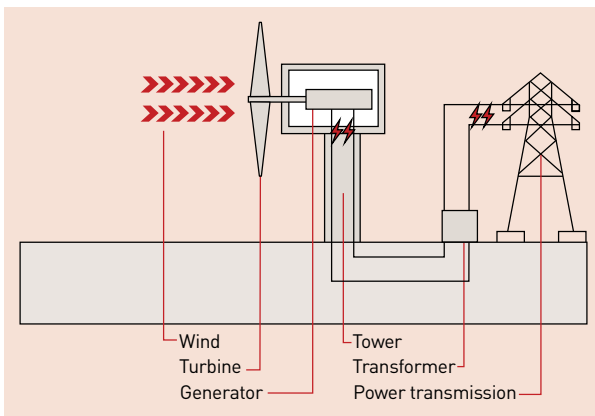
**Combined cycle gas fired generation**



**Hydroelectric generation**



**Wind generation**



Sources: AER (wind); Babcock & Brown (all others).

**Figura 3-7.:** Esquemas básicos tecnologías de generación eléctrica

### 3.2.2. Transmisión

Las líneas de transmisión son la infraestructura necesaria para llevar grandes cantidades de energía, desde la generación a gran escala hacia las subestaciones de transformación, de distribución y algunos consumidores especiales. La razón principal para utilizar líneas de transmisión es que la potencia que se puede transportar es proporcional al cuadrado de la tensión. Por otra parte, para una determinada potencia y una tensión alta, las corrientes son más bajas, esto significa menos pérdidas técnicas[23].

El sistema de transmisión se compone principalmente de líneas de transmisión y de sus correspondientes terminales, es decir las subestaciones (ver Sección 3.2.5). Las líneas de transmisión pueden ser aéreas, subterráneas o submarinas. Las líneas operan en altas tensiones alternas (HVAC<sup>4</sup>) o directas (HVDC<sup>5</sup>). Generalmente los sistemas de transmisión son aéreos. Las líneas subterráneas tienen mejores condiciones técnicas y utilización del espacio pero su costo es muy elevado. Las líneas submarinas se utilizan en interconexiones internacionales especialmente[64].

#### HVAC

Los principales componentes de la transmisión HVAC aérea son[64]:

**Conductores** Cables por los que la energía eléctrica pasa. En transmisión usualmente son de aluminio reforzados con acero (ACSR<sup>6</sup>). Pueden haber más de dos cables por fase.

**Cables de guarda** Sirven como protección contra descargas atmosféricas. Se ubican en la parte más alta de la torre de transmisión. Están conectados directamente con tierra.

**Aisladores** Junto con los herrajes, son los encargados de soportar los conductores en la torre de transmisión, guardando la distancia adecuada. Los aisladores son de porcelana, vidrio o de polímeros.

**Torre** Estructura de soporte metálica. La función de la torre es mantener los conductores a una distancia segura de tierra. Debido a las altas tensiones se requieren grandes distancias entre los conductores (diferente fase). Entre más alta sea la tensión, más grande será la torre. La torre es una estructura con un diseño mecánico muy detallado, para soportar el peso de los conductores así como sus cambios físicos (cambio de tamaño por temperatura de operación y clima, movimiento por viento, entre otros).

**Servidumbre** Es el espacio, en tierra, que debe mantenerse libre de personas, animales, vegetación y otras estructuras, para la operación segura de la línea de transmisión.

---

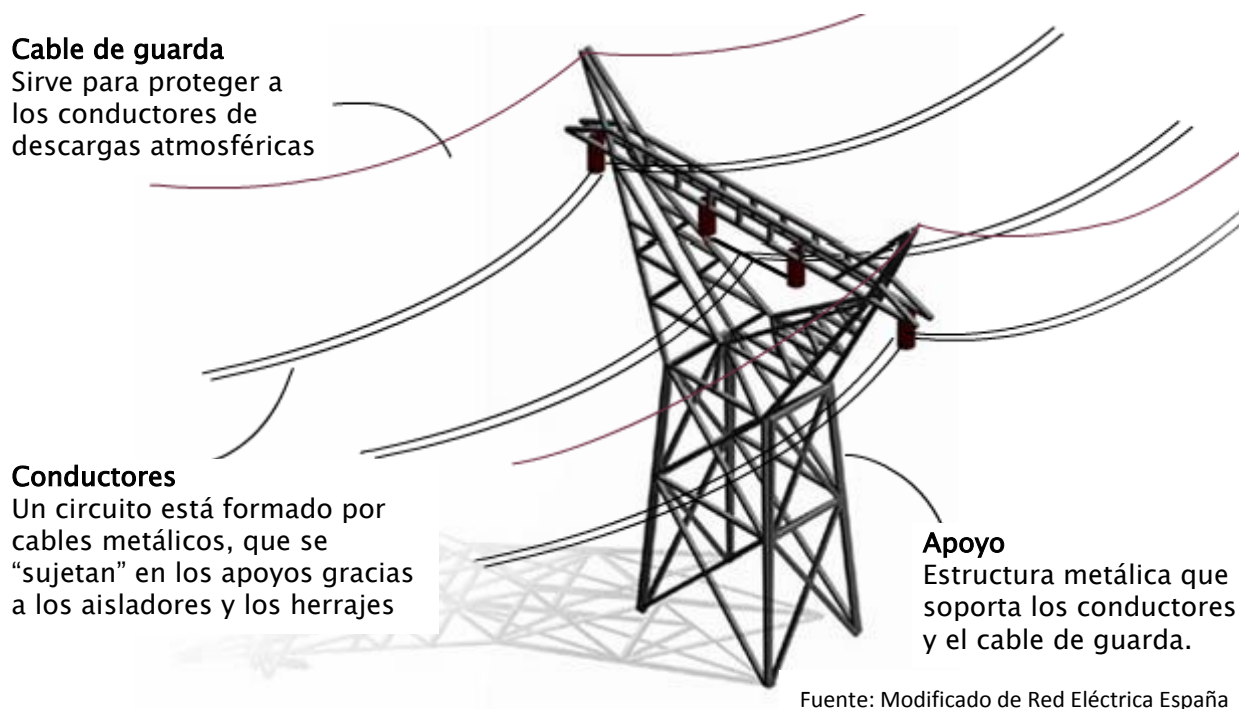
<sup>4</sup>HVAC: High Voltage Alternating Current. Alta Tensión Alterna

<sup>5</sup>HVDC: High Voltage Direct Current. Alta Tensión Continua

<sup>6</sup>ACSR: aluminum conductor, steel reinforced



En la Figura 3-8 se observa una torre de transmisión HVAC y sus principales componentes.



**Figura 3-8.:** Elementos torre de transmisión eléctrica

Las tensiones de operación estándar son: 138, 161, 230 345, 500, 765 y 1000 kV. Los sistemas de transmisión HVAC también pueden ser subterráneos y submarinos. Los conductores se aíslan mediante gases ( $\text{SF}_6$ <sup>7</sup>) o líquidos dieléctricos. Se utilizan en sitios especiales, por ejemplo cerca a aeropuertos o dentro de las ciudades, eliminando la servidumbre necesaria y el impacto visual. El costo puede llegar a ser diez veces mayor que un sistema aéreo.

## HVDC

En el HVDC las líneas operan con tensiones DC. Mediante dispositivos de electrónica de potencia, la tensión se rectifica ( $\text{AC} \rightarrow \text{DC}$ ) y se invierte ( $\text{DC} \rightarrow \text{AC}$ ). También se pueden utilizar para transmisión subterránea y submarina. Su principal desventaja es su elevado costo y la falta de desarrollo de equipos como interruptores DC.

Con el desarrollo tecnológico, actualmente el HVDC es mejor que el HVAC en términos de[64]:

- *Límites técnicos.* Mayores distancias, mayor capacidad de transporte de potencia (con un mismo conductor respecto a HVAC)
- *Operación.* Control de magnitud y dirección de flujo de potencia, no tienen necesidad de compensación en el camino

<sup>7</sup> $\text{SF}_6$ : Hexafluoruro de Azufre, gas inerte artificial con excelentes propiedades de aislamiento

- *Funciones.* Conexión entre sistemas AC de diferente frecuencia, conexión de sistema de manera asíncrona
- *Impacto.* Menor servidumbre.

Respecto al ambiente, las líneas de transmisión requieren Estudios de Impacto Ambiental debido a su longitud y a su uso de espacio adyacente (servidumbre). Así mismo están asociadas con impactos a la avifauna y al paisaje. En la sección 4.6 se encuentran con más detalle los impactos ambientales de las líneas de transmisión.

### 3.2.3. Distribución

Las redes de distribución llevan la energía eléctrica recibida en las subestaciones (desde las líneas de transmisión) y la entregan al consumidor final. El sistema de distribución se considera desde la subestación hasta la acometida. El consumidor puede ser una casa, un conjunto de apartamentos, una industria, un centro comercial e incluso el alumbrado .

El sistema de distribución es el que comúnmente se ve en las calles, compuesto por postes (madera o concreto), transformadores pequeños (en los postes o en cuartos especiales), elementos de protección (fusibles), medición, herrajes, entre otros. Así mismo, los sistemas de distribución también pueden ser subterráneos, siendo estos más costosos pero más eficientes y estéticos. En algunos casos son obligatorios, como en cercanías a aeropuertos o en zonas de conservación de paisaje (p.e. centro histórico).

Los componentes principales de un sistema de distribución son[64]:

- Subestación de distribución (Ver Sección 3.2.5)
- Alimentadores
- Transformadores de distribución
- Secundarios y acometidas

La subestaciones de distribución son más pequeñas y sencillas que las de transmisión. Sin embargo, tienen funciones y componentes análogos. Los alimentadores son la salida de la subestación hacia los consumidores. Las redes aéreas se componen de elementos como transformadores, fusibles, seccionadores, reconectores y otros equipos montados en postes. Estos son comunes para redes rurales y urbanas. Para algunas zonas urbanas especiales, se usan alimentadores subterráneos.

La forma como están conectados los elementos de los alimentadores en el sistema de distribución se denomina *topología*:

**Radial** Es el más usado debido a su costo y facilidad de instalación. La energía proviene de una sola fuente, todos los elementos están conectados en serie. Tiene la confiabilidad<sup>8</sup> más baja: si un elemento falla, toda la red falla (hasta el interruptor aguas arriba más cercano).

**Lazo (*loop*)** Se usan dos alimentadores para llevar la energía. Sin embargo, en condición normal no están conectados entre sí. En caso de un mantenimiento o falla, se puede conectar una parte del circuito con el otro alimentado.

**Malla** Varios alimentadores interconectados, provenientes de distintas subestaciones. Es la configuración con máxima confiabilidad. Son poco comunes, sólo se usan para cargas importantes.

En Bogotá DC, los alimentadores operan con una tensión de 11.4 kV, en zonas rurales es de 13.2 kV. Muy cerca de los consumidores se encuentran transformadores de distribución que reducen esta tensión a los niveles de equipos como electrodomésticos y/o motores. Los transformadores de distribución pueden ser trifásicos o monofásicos; montados en postes, en superficie o subterráneos. La red en la salida del transformador se denomina *secundario*. La Figura 3-9 muestra una escena típica en el sistema de distribución.



1. Conductores (1 por fase)
2. Aisladores
3. Descargadores
4. Transformador
5. Poste

Fuente: Elaboración propia.  
Imagen de 123RF.

**Figura 3-9.:** Poste de distribución eléctrica

Respecto al ambiente, los impactos generados por los sistemas de distribución no son de gran magnitud. Los principales impactos asociados se deben al factor estético y a la contaminación por PCBs. En la Sección 4.7 se estudian los impactos ambientales de la distribución. En Colombia (y casi en todo el mundo), los proyectos de distribución no requieren licencia ambiental. Si bien los proyectos de transmisión ( $\geq 220\text{kV}$ ) sí requieren licencia ambiental, de manera preliminar, las estructuras de 115 kV no difieren en tamaño lo suficiente como para determinar que no requieren de un Estudio de Impacto Ambiental.

<sup>8</sup>Probabilidad que un equipo (sistema) funcionará sin fallas durante un periodo de tiempo[109]. *Reliability*.

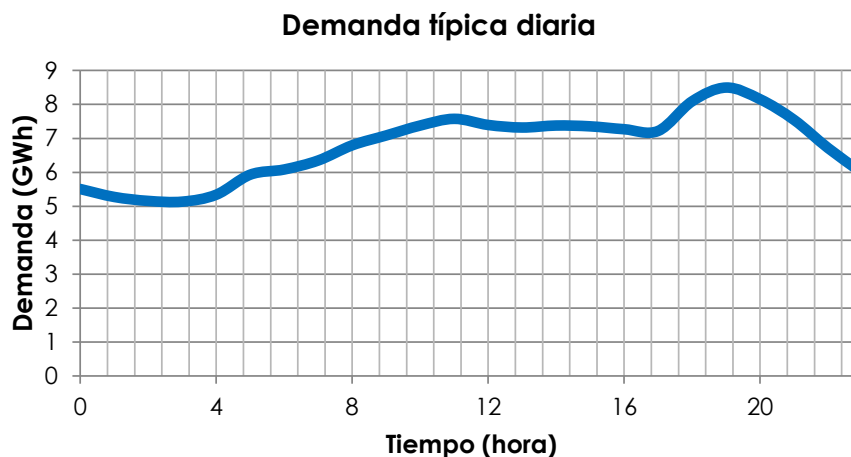
### 3.2.4. Consumidor

El sistema de potencia tiene distintas cargas a lo largo de toda su cadena de valor. La energía eléctrica es consumida por tres tipos principales de clientes: residenciales, industriales y comerciales. Así mismo, técnicamente se puede clasificar en: resistiva, inductiva y capacitiva.

El consumo residencial se basa en electrodomésticos (aire acondicionado, neveras, calentadores, lavadoras, iluminación, computadores, televisión, etc). En el consumo comercial se incluyen oficinas, colegios (edificios educativos en general), hospitales, centros comerciales, edificios estatales, entre otros. La carga incluye iluminación a gran escala, motores (ascensores, escaleras eléctricas, etc), aire acondicionado, servidores; es decir, todos los dispositivos para sostener el funcionamiento casi 24 horas al día. El consumo industrial se basa en motores y maquinaria de trabajo pesado y sistemas de refrigeración especialmente.

Los sistemas eléctricos operan en tiempo real (instantáneos). Si la carga se incrementa, la generación debe aumentar también para suplir la demanda con niveles de tensión y frecuencia adecuados (estabilidad del sistema). De modo contrario, si la carga conectada es mucho mayor a la generación disponible, la tensión disminuye y la frecuencia varía a tal punto de desestabilizar el sistema y posiblemente llevarlo a falla[23].

En la Figura 3-10 se observa el comportamiento de la carga en un día (promedio de un mes) en el sistema interconectado de Colombia.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de XM

**Figura 3-10.:** Curva de demanda diaria, promedio mensual

El consumidor no tiene responsabilidades respecto a la EIA. Los impactos ambientales asociados a los consumidores se refieren principalmente a la eficiencia energética y a los desechos de productos eléctricos y electrónicos. En los últimos tiempos se ha promovido el cuidado ambiental mediante la reducción del consumo de energía eléctrica. El mejor ejemplo es el cambio de bombillas incandescentes a fluorescentes compactas. Se supone que si se consume

menos se requiere generar menos, y así, se impacta menos por emisiones de CO<sub>2</sub> (principalmente). Sin embargo, el proceso de producción y de desecho de los equipos electrónicos tiene varios impactos ambientales. Los productos/equipos netamente eléctricos tienen un proceso de reciclaje más fácil y completo respecto a los equipos electrónicos. En la Sección 4.8 se revisan los impactos asociados a los consumidores.

### 3.2.5. Subestaciones

Una definición de subestación es:

Una subestación eléctrica es la exteriorización física de un nodo de un sistema eléctrico de potencia, en el cual la energía se transforma a niveles adecuados de tensión para su transporte, distribución o consumo, con determinados requisitos de calidad. Está conformada por un conjunto de equipos utilizados para controlar el flujo de energía y garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección. Básicamente una subestación consiste en un número de circuitos de entrada y salida conectados a un punto común, barraje de la subestación.[110]

Las funciones de una subestación son[64]:

- Ser un punto de conexión con otros sistemas
- Transformación de tensión
- Permitir la división de una línea en varias, para aumentar la cobertura
- Ubicar elementos de compensación reactiva (para la estabilidad del sistema)
- Permitir la desenergización segura de una línea para el mantenimiento
- Albergar equipos de protección, control y medición

Los componentes básicos de una subestación son[64]:

**Barra** Es la estructura física en la cual están conectadas todas las líneas y transformadores. Es el punto común de conexión.

**Relés de protección** Dispositivos (ahora electrónicos) que supervisan en tiempo real medidas de tensión y corriente de los equipos de la subestación para detectar fallas o mal funcionamientos. En caso de detectar alguna, envían una señal para activar los interruptores.

**Interruptores** Equipo electro-mecánico con la capacidad de desconectar un circuito en condiciones de operación no normales (falla)[107]. Son capaces de abrir circuitos por donde pasan corrientes grandes. El mecanismo de operación es extinguir el arco eléctrico entre los bornes mediante aceite dieléctrico, vacío, aire o SF<sub>6</sub>. Se conectan a la llegada y salida de líneas y antes y después de los transformadores. Permiten realizar maniobras de conexión/desconexión de los distintos módulos y elementos de la subestación.

**Transformadores** Equipo electromagnético que cambia la tensión de entrada, ya sea disminuyéndola o aumentándola. Tienen posiciones de funcionamiento, *taps*, para hacer más flexible la operación.

**Seccionadores** Son elementos de corte visible. Es decir, se puede observar fácilmente si están cerrados o abiertos. No tienen funciones de protección. Acompañan a los interruptores.

**Descargadores** Protección para sobre tensiones. Generalmente es el primer dispositivo que recibe una línea en la subestación.

**Pararrayos** Protección contra descargas atmosféricas de toda la subestación y sus equipos. Se ubican en partes altas y están conectados sólidamente a tierra.

**Equipo de medición** Transformadores de tensión y corriente. Miden y comunican los parámetros de operación de los equipos.

**Compensadores** Reactores en serie o capacitores (en serie y paralelo) para gestionar la potencia reactiva del sistema.

**FACTS** Flexible Alternating Transmission Systems. Para transmisión, equipos avanzados para controlar de manera dinámica la tensión, impedancia o ángulo de fase de líneas HVAC. Por ejemplo: SVCs: Static VAR Compensators, CSCs: Thyristor Controlled Series Compensators, STATCOMs: Static Compensators o UPFC: Unified Power Flow Controller.

En la Figura 3-11 se observan las dos tipos de subestaciones: convencional (aire) y compacta/encapsulada (aislamiento en SF<sub>6</sub>). La diferencia entre los dos tipos es el aislamiento. En la convencional el aire es el aislante. En las encapsuladas se utiliza SF<sub>6</sub>, requiriendo un espacio menor para la disposición de los equipos.



Fuente: Imágenes de Iberdrola

**Figura 3-11.:** Subestaciones eléctricas: aislamiento aire y SF<sub>6</sub>.

Respecto al medio ambiente, las subestaciones de líneas de transmisión requieren de licencia ambiental. Así mismo, las subestaciones están asociadas a malestar a la comunidad, contaminación electromagnética y a emisiones de SF<sub>6</sub> (cuando aplica). La contaminación por campos electromagnéticos es un tema bajo investigación, sin encontrar resultados concluyentes aun. El SF<sub>6</sub> se considera como gas de efecto invernadero, por lo cual su mantenimiento cuenta con procedimientos muy estrictos. Por las razones anteriores, generalmente las comunidades no permiten que se construyan subestaciones cerca de sus viviendas.

### 3.2.6. Centros de Control

Los Centros de Control (CC) funcionan 24 horas al día durante todo el año. Las personas que trabajan allí son operadores, quienes supervisan el área de influencia del sistema, vigilando que las variables y parámetros del sistema de potencia se mantengan en los rangos permitidos. De lo contrario deben realizar maniobras y tomar acciones correctivas. La herramienta principal con la que cuentan los operadores es el SCADA<sup>9</sup>. Su tarea se centra en recibir información de todos los equipos del sistema para la supervisión y control del mismo. Con el constante avance de la electrónica y las comunicaciones, sumado a su integración con el sistema de potencia, se pueden recibir señales de cualquier tipo de elemento en cualquier parte del sistema. Cuando los datos que recibe no son comunes o aceptables, el SCADA emite una alerta para que el operador realice las acciones correctivas del caso.

Dependiendo de la empresa y sus funciones, un SCADA puede venir acompañado de otros sistemas que funcionan de manera integrada:

**EMS** Energy Management System. Funciones especiales como:

- AGC** Automatic Generation Control. Despacho óptimo de las plantas de generación
- Estimación de estado** Uso de modelos, variables de estado y datos disponibles para generar estimaciones de los parámetros del sistema de potencia
- Flujo de carga** Uso de datos para estimar como esta fluyendo la energía en el sistema de potencia
- Análisis de contingencia** Simulaciones de escenarios de falla en el sistema de potencia
- Otros** Deslastre de carga (desconexión en caso necesario), Despacho económico, planeamiento, OTS (módulo de entrenamiento del operador)

**DMS** Distribution Management System. Funciones similares al EMS específicas para sistemas de distribución.

**OMS** Outage Management System. Funciones especiales como:

- Eventos** Gestión de los eventos relacionados con fallas en el servicio
- TCS** Trouble Call Systems. Gestión de llamadas de clientes
- CMS** Crew Management System. Gestión de cuadrillas

---

<sup>9</sup>Sistema SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition System

**Otros** Gestión de maniobras, localización estimada de falla, restauración automática, etc.

**CIS** Customer Information System. Gestión comercial de los clientes

**GIS** Geographical Information System. Datos geográficos de clientes, equipos, edificios, etc.

En la Figura 3-12 se observa un centro de control, el cual se compone de un sistema de vídeo proyección y puestos de trabajo de operadores. Todos los datos se van concentrando en equipos especiales, por lo cual un centro de control debe tener múltiples tipos de comunicación. Por ejemplo: satélites, fibra óptica, redes ethernet, entre otras.



Fuente: Imágenes de Red Eléctrica de España

**Figura 3-12.:** Centro de control REE

Un centro de control es un edificio. No tiene que estar en un sitio especial así como no requerir de grandes superficies. El impacto ambiental de un centro de control se refiere a la construcción civil, por lo tanto, en efectos prácticos, el impacto es nulo.



### 3.3. Sector Eléctrico Colombiano

Después de la revisión técnica del concepto de Sistema de Potencia Eléctrico, en esta sección se estudian las generalidades del sector eléctrico colombiano. Inicia con las características técnicas y finaliza con el esquema institucional. Así mismo, se revisan las relaciones y/o responsabilidades con temas ambientales.

#### 3.3.1. Capacidad Efectiva

La capacidad efectiva neta instalada en el Sistema Interconectado Nacional SIN al finalizar el año 2011 fue 14,420 MW (aumento de 8.5 % con respecto a 2010). La distribución por tecnología se encuentra en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3.:** Capacidad efectiva neta del SIN a diciembre 31 de 2011

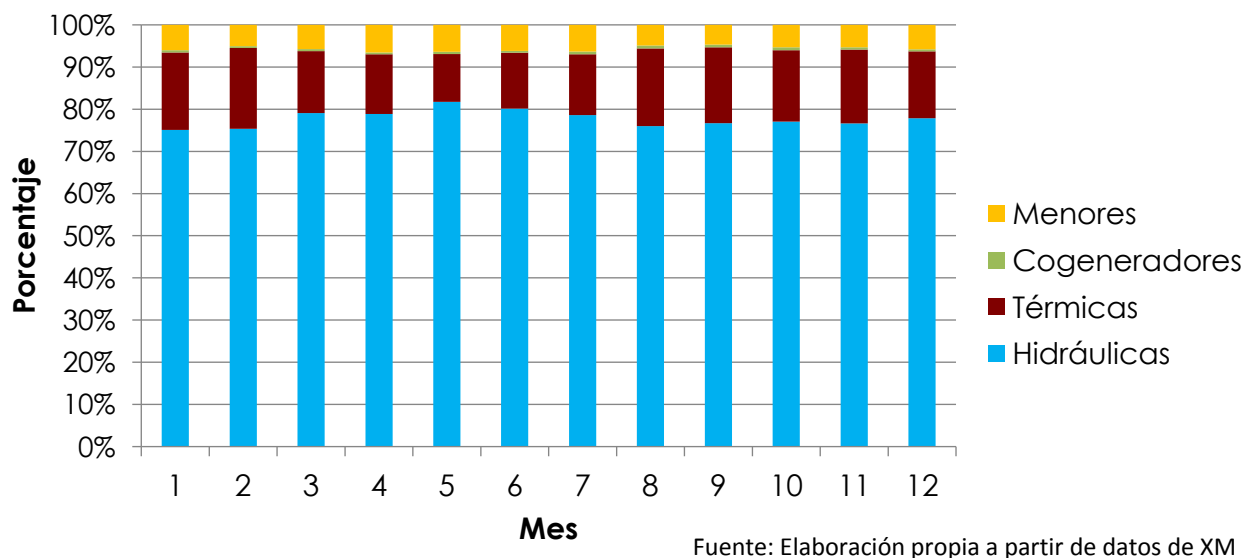
| <b>Recursos</b>  | <b>MW</b>    |
|------------------|--------------|
| Hidráulicos      | 9185         |
| Térmicos         | 4545         |
| Gas              | 3053         |
| Carbón           | 991          |
| Fuel - Oil       | 314          |
| Combustóleo      | 187          |
| Menores          | 635          |
| Hidráulicos      | 533          |
| Térmicos         | 83           |
| Eólica           | 18           |
| Cogeneradores    | 55           |
| <b>Total SIN</b> | <b>14420</b> |

Fuente: XM

De acuerdo al Plan de Expansión de referencia generación transmisión 2010-2024 (PERGT), se tiene registro de proyectos de generación con una capacidad de 12,204 MW: 4,923 MW corresponden a proyectos hidroeléctricos, 3,259 MW a proyectos de carbón mineral, 1,099 MW a proyectos de gas natural y 121 MW de combustibles líquidos y bagazo. Por otra parte, la UPME propone 4 escenarios de crecimiento de la demanda con sus respectivas características [186]. Lo preocupante de esto es que no se vislumbran incentivos a las fuentes de generación renovables, necesarias para suplir la demanda creciente y llevar la cobertura del sistema al 100 %.

#### 3.3.2. Generación real típica

En la Figura 3-13 se observa como fue la generación de energía eléctrica durante el año 2011. A lo largo del año, las condiciones climáticas y de operación favorecen un tipo de generación: la hidráulica osciló del 75 % al 81 %. La térmica del 11 % al 19 %. Sin embargo, el equivalente



**Figura 3-13.:** Energía Eléctrica generada en Colombia 2011

del año fue un en el final en el año fue un 77.8 % para las hidroeléctricas grandes.

### 3.3.3. Sistema de transmisión

Las líneas de transmisión del SIN al finalizar 2011 se encuentra en la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4.:** Líneas de transmisión del SIN 2011

| Líneas                      | Longitud (km) |
|-----------------------------|---------------|
| Subtransmisión 110 - 115 kV | 10089.4       |
| Subtransmisión 138 kV       | 15.5          |
| Transmisión 200 - 230 kV    | 11654.6       |
| Transmisión 500 kV          | 2646          |
| <b>Total SIN</b>            | <b>24405</b>  |

Fuente: Elaboración propia con datos de XM

La expansión del sistema de transmisión tiene en cuenta criterios como los proyectos de generación inscritos y en desarrollo, el crecimiento de la demanda, interconexiones internacional, expansión de los sistemas regionales (menor tensión), parámetros de confiabilidad del sistema. De acuerdo al Plan de Expansión de referencia generación transmisión 2010-2024 (PERGT)[186], se espera un desarrollo grande en líneas de 500 kV, un fortalecimiento de algunas zonas con líneas de 220 KV y la interconexión con Panamá usando HVDC.

En la Figura 3-14 se encuentra el mapa con las líneas de transmisión de Colombia [186].

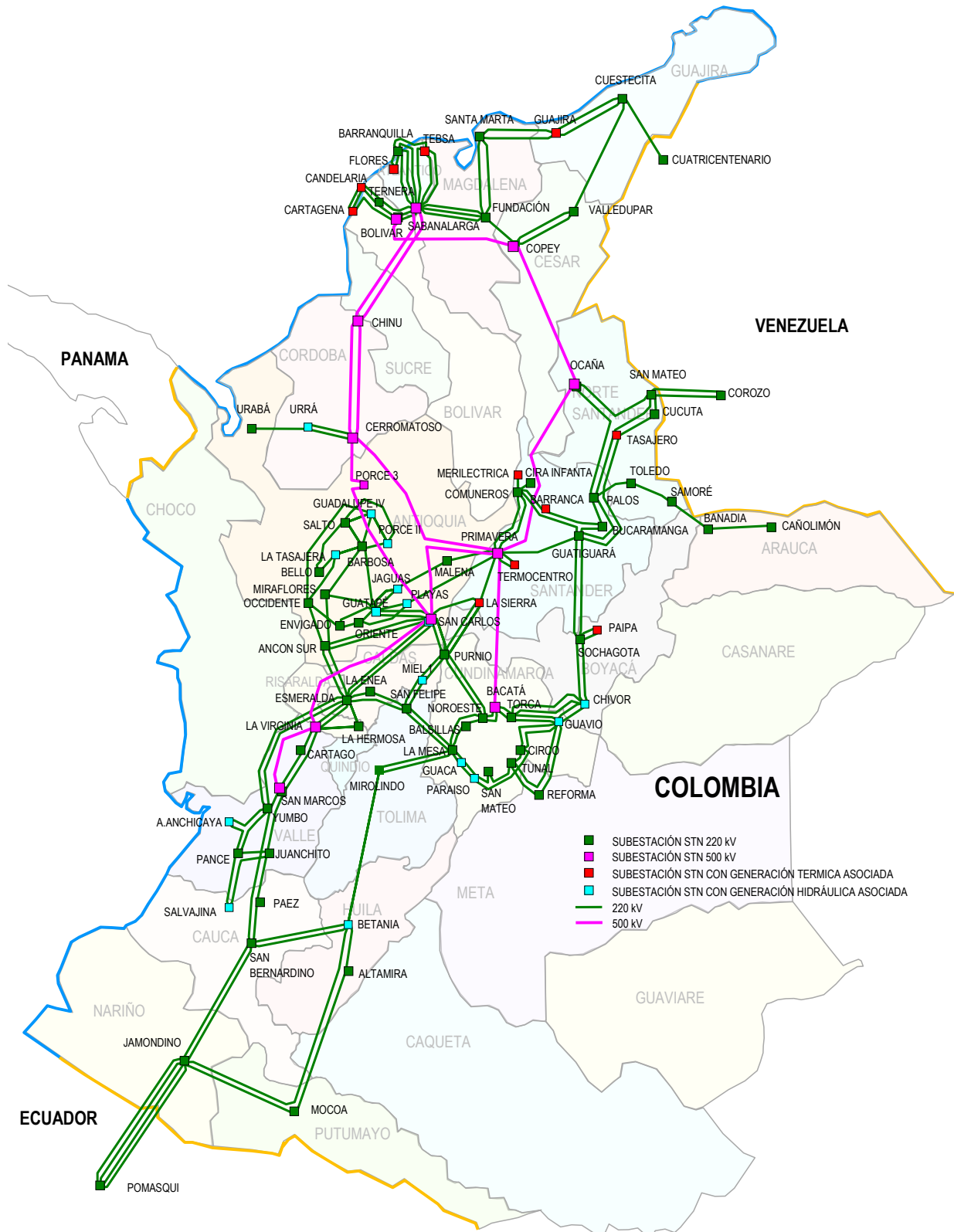


Figura 3-14.: Sistema Interconectado Nacional. Colombia

### 3.3.4. Proyección demanda

El Plan de Expansión de Referencia Generación Transmisión 2010-2024 (PERGT)[186] presenta las proyecciones de demanda de energía eléctrica y potencia del Sistema Interconectado Nacional para el largo plazo, con un horizonte hasta el año 2031. En la Figura 3-15 esta la proyección de demanda de energía y la Figura 3-16 la proyección de demanda pico de potencia.

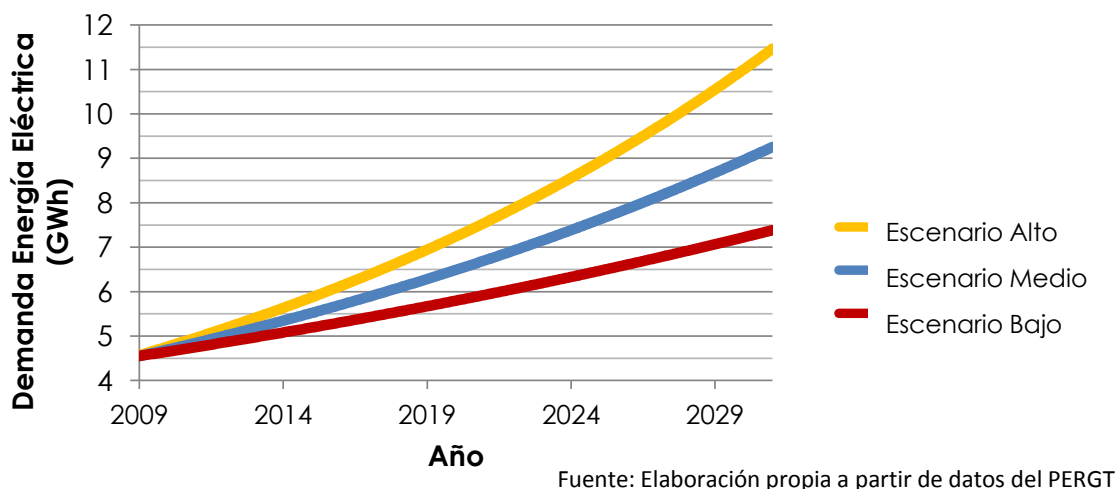


Figura 3-15.: Proyección demanda energía a 2031

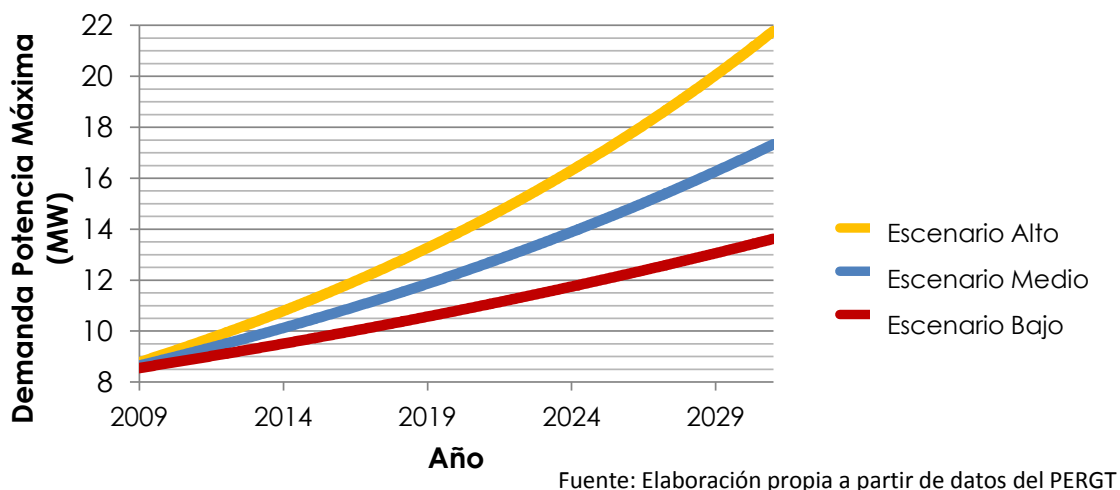


Figura 3-16.: Proyección demanda potencia 2031

La creciente demanda de energía eléctrica debe suplirse mediante un plan de expansión adecuado, preferiblemente con proyectos tipo *triple-bottom-line*. Estos proyectos tienen en cuenta el desempeño en tres dimensiones: económica, ambiental y social.

### 3.3.5. Esquema Institucional

El sector eléctrico colombiano se encuentra conformado varias entidades con funciones de regulación, control, planeación, operación y administración[86]. A continuación se presenta una breve descripción de cada una de estas entidades.

**Ministerio de Minas y Energía** Es el ministerio encargado de fijar, dirigir y controlar las políticas, planes, proyectos y programas establecidos por el Gobierno Nacional para el progreso del sector minero energético,

**Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)** Es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía MME. Tiene como objetivo principal “planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con las entidades del sector minero energético, tanto entidades públicas como privadas, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros, producir y divulgar la información minero energética requerida”[188].

**Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)** Es el ente regulador del sector energético (electricidad y gas). Su objetivo fundamental es asegurar que el servicio preste al mayor número posible de personas, al menor costo posible para los usuarios y con una remuneración adecuada para las empresas que permita garantizar calidad, cobertura y expansión.

**Comité Asesor de Comercialización (CAC)** Es un Comité creado por la CREG, para asistirle en el seguimiento y la revisión de los aspectos comerciales del Mercado de Energía Mayorista.

**Consejo Nacional de Operación (CNO)** Tiene como función principal acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación del sistema interconectado nacional sea segura, confiable y económica y ser el ejecutor del Reglamento de Operación.

**Superintendencia de Servicio Públicos Domiciliarios (SSPD)** Es un organismo de carácter técnico, adscrito al Departamento Nacional de Planeación (DNP), el cual desempeña las funciones de control y vigilancia.

**XM Compañía de Expertos en Mercados** XM se encarga de operar el Sistema Interconectado Nacional colombiano a través del Centro Nacional de Despacho -CND- y de administrar el Mercado de Energía Mayorista -MEM-. Además, XM administra las Transacciones Internacionales de Electricidad de corto plazo -TIE- con Ecuador y coordina la operación interconectada con el Sistema Eléctrico Venezolano.

**Agentes** Los agentes participantes del mercado eléctrico colombiano son los usuarios, los comercializadores, los transmisores, los distribuidores y finalmente, los generadores.

**Usuarios** Los usuarios finales de electricidad participan en el Mercado de Energía por intermedio del comercializador que los atiende. Existen dos tipos de usuarios dependiendo de su consumo de energía: *No Regulados*, tienen una demanda de

potencia superior a 0.1 MW o un consumo equivalente de energía de 55 MWh/mes; *Regulados* usuarios que tienen consumos menores a los valores anteriores.

**Comercializadores** Los agentes comercializadores principalmente prestan un servicio de intermediación entre los usuarios finales y los agentes que generan, transmiten y distribuyen la electricidad. La actividad de Comercialización esta enmarcada en un escenario de competencia a través de la compra y venta de energía en el mercado de energía mayorista y la venta a los usuarios finales[86].

**Distribuidores** Son los agentes que realizan la actividad de transporte de la energía eléctrica en los Sistemas de Distribución[86].

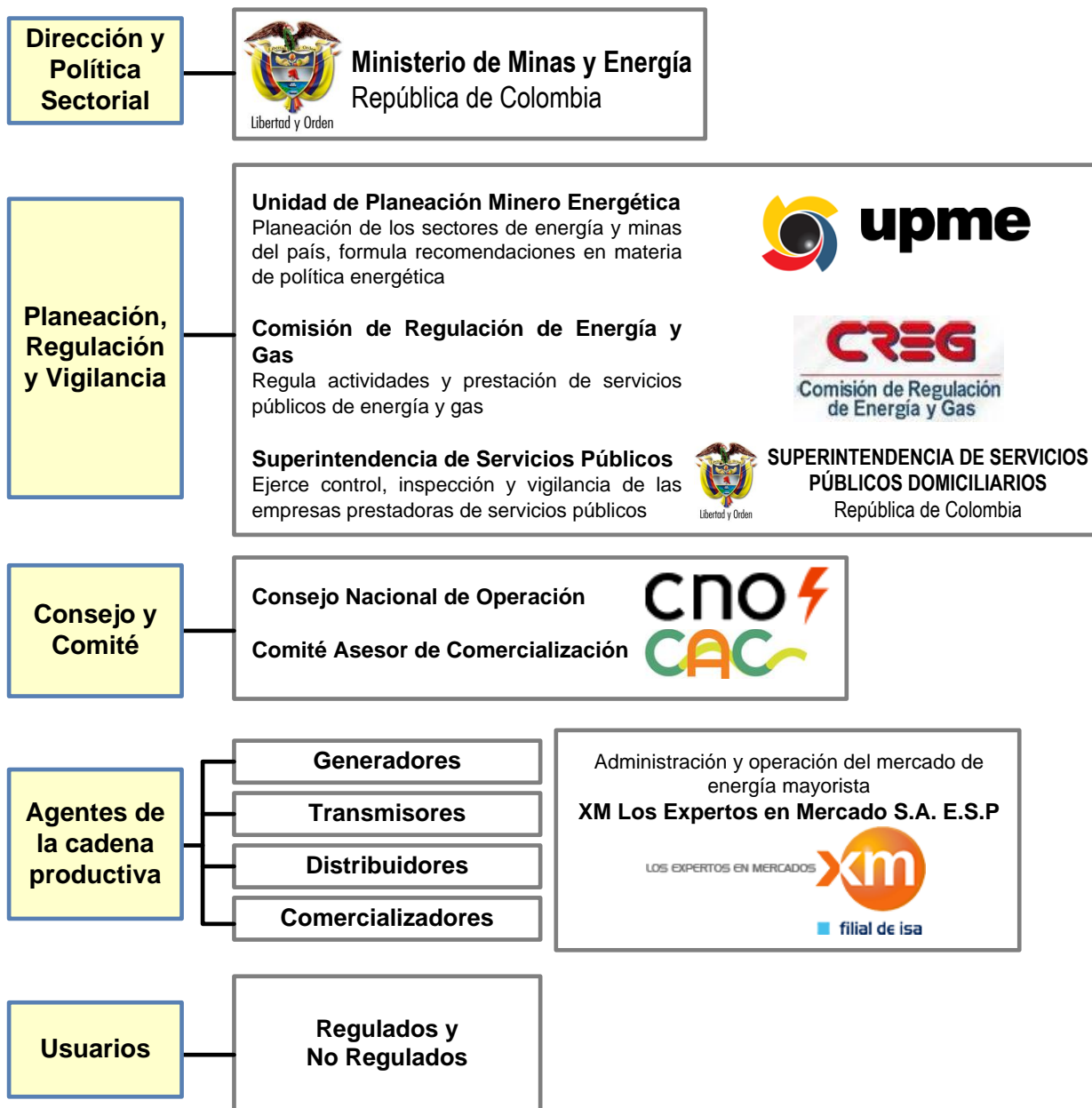
**Transmisores** Son los agentes que realizan la actividad de transporte de la energía eléctrica en el Sistema de Transmisión Nacional (STN) [86].

**Generadores** Son los agentes que desarrollan la actividad de producción de energía eléctrica, la cual puede ser transada en Bolsa o mediante contratos bilaterales con otros generadores o comercializadores[86].

Respecto a temas ambientales ninguna entidad del sector eléctrico tiene responsabilidad directa. Sin embargo, la UPME tiene iniciativas en este ámbito. El Plan de Expansión de Referencia de Generación - Transmisión (PERGT) [187] es realizado por la UPME y sirve como lineamiento para el desarrollo de la generación y transmisión en los años siguientes. En la última edición se realizó en 2012 y corresponde al periodo de 2012 a 2025. Se esta realizando un trabajo por fases, entre la UPME y un consultor, para realizar un Marco Ambiental sobre el PERGT. Este se realiza mediante la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Se establece como “un procedimiento cuyo objetivo es ayudar a la incorporación de la dimensión ambiental y social estratégica en la planificación que realiza la UPME para la expansión de la generación y transmisión eléctrica del sistema interconectado nacional”[189]. En este trabajo se realizó un análisis de la situación inicial y de la responsabilidad de los diferentes agentes. Luego se estudiaron los impactos de las actividades eléctricas bajo el marco de la EAE. Este trabajo continua actualmente y su mayor resultado es la inclusión más fuerte y estructurada de los temas ambientales en la expansión de la generación y transmisión de energía eléctrica. Es importante ver el interés hacia este tema (Impacto ambiental de infraestructura eléctrica) para una entidad gubernamental que no lo tiene como función específica.

Por otra parte, aunque la CREG no tiene funciones directas con respecto a temas medio ambientales, han realizado trabajos fuertes en el tema de eficiencia energética. En este tipo de programas se busca disminuir el consumo de energía eléctrica en varios sectores en varios niveles, con lo cual se podrían disminuir los impactos resultantes de la generación eléctrica.

En la Figura 3-17 se observa la estructura del Sector Eléctrico Colombiano. Se nota que no hay una autoridad ambiental específica para el sector.



Fuente: Adaptado de CIDET-UPB 2009

Figura 3-17.: Estructura Sector Eléctrico Colombiano

### 3.3.6. Factor de emisión SIN

El Factor de emisión es la “cantidad estimada de toneladas de  $CO_2$  emitidas a la atmósfera por cada unidad de MWh de energía eléctrica generada por una planta de generación”[191]. En Colombia, la UPME realizó el cálculo para el Sistema Interconectado Nacional[191], utilizando la herramienta *Tool To Calculate The Emission Factor For An Electricity System*. Se determina el factor de emisión de  $CO_2$  calculando el margen de operación ( $OM$ ), el margen de construcción ( $BM$ ) y finalmente el margen combinado ( $CM$ ).

En su última actualización, el valor obtenido para el factor de emisión es  $0,2917kg.CO_2/kWh$ . Este valor es adoptado y actualizado anualmente según la Resolución 180947 de 2010 (Ministerio de Minas y Energía)[57].

Este factor se usa para estimar las emisiones de situaciones específicas (como por ejemplo generación de energía eléctrica o transporte con gasolina), sirviendo para realizar modelos, análisis, proyecciones, entre otros. Las autoridades lo usan para establecer límites o rangos de emisiones aceptados.



## 3.4. Sector Eléctrico y EIA

En esta sección se estudió el concepto de Sistema de Potencia, como conjunto de toda la infraestructura necesaria para generar energía eléctrica y llevarla al consumidor final. Se identifican 4 etapas principales (y así mismo tradicionales) en la cadena de valor -Generación, Transmisión, Distribución y Consumidor-. En la primera etapa, energía en distintas formas se transforma en energía eléctrica. En la segunda y tercera etapa se transporta y distribuye desde los sitios de generación hasta la cuarta etapa.

Los proyectos de infraestructura eléctrica se pueden clasificar en dos tipos: puntuales y lineales. Los puntuales se ubican en en sitios específicos: centrales de generación y subestaciones. Los lineales tienen varios kilómetros de longitud: líneas de transmisión y redes de distribución. Desde este momento ya se puede determinar que la infraestructura eléctrica tiene condiciones de construcción y operación muy distintas. Así mismo, sus impactos ambientales difieren incluso para proyectos del mismo tipo (puntuales por ejemplo). La adecuación de un sitio, la construcción y operación de una central de generación hidroeléctrica es totalmente diferente con respecto a las térmicas. Para realizar una EIA óptima se hace necesario identificar los impactos propios de cada tipo de infraestructura eléctrica. Esto se desarrolla en el Capítulo 4.

Por otra parte, la mirada al sector eléctrico colombiano deja dos conclusiones: es un sistema de potencia en continua evolución y expansión; y, no existe una entidad que tenga responsabilidades/funciones de tipo ambiental. Para la primera conclusión, es bueno tener en cuenta que el sector eléctrico colombiano es fuerte a nivel internacional, es una de las locomotoras del desarrollo del país[160]. Para la segunda conclusión, se identifica la necesidad de optimizar la articulación de los temas ambientales, como los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, y el sector eléctrico.

En la Sección 5.3 se realiza un diagnóstico del sector eléctrico colombiano y la EIA, orientado hacia el objetivo del trabajo: evaluar el estado actual de la EIA para el sector eléctrico colombiano y formular una propuesta para su mejoramiento. Para el diagnóstico se tiene en cuenta lo estudiado hasta este capítulo y otros puntos importantes como los impactos ambientales propios del sector y los antecedentes en el tema.



# 4. Infraestructura eléctrica y su impacto ambiental

## 4.1. Introducción

La Evaluación de Impacto Ambiental EIA es el proceso de identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos biofísicos, sociales y otros impactos relevantes ocasionados por propuestas de desarrollo[104]. En este capítulo se realiza la primera parte, es decir la identificación de impactos, con respecto a la infraestructura del sector eléctrico. Del Capítulo 3 se concluye que los proyectos de infraestructura eléctrica son variados en su objetivo y funcionamiento. Es por eso que se hace necesaria una revisión de los impactos típicos de los proyectos de infraestructura eléctrica por separado.

En la literatura se pueden encontrar varias referencias a los impactos que se generan por la infraestructura eléctrica. Van desde comentarios hasta estudios a fondo sobre un impacto en particular. Un objetivo de este trabajo es analizar los impactos ambientales propios de los proyectos eléctricos. Para esto, se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando palabras claves en buscadores especializados, encontrando los siguientes tipos de documentos:

**Guías ambientales** Documentos de autoridades ambientales para facilitar el desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental EsIAs. Se hace una relación con las acciones típicas de los proyectos, por fase de construcción u operación. En estos se encuentran descripciones de los impactos y de su origen o desarrollo. Referencias de varios países.

**Estudios de Impacto Ambiental** EsIAs. Estudios para proyectos, en diversos países, que contienen una explicación de la identificación y valoración de los impactos en circunstancias específicas. Son una buena fuente de referencias debido a que tienen un estudio en un sitio, analizando las particularidades.

**Artículos** Documentos cortos que generalmente presentan metodologías y resultados de trabajos grandes. En algunos los impactos son apenas nombrados. En otros se desarrollan en detalle. Una cantidad importante de artículos utiliza métodos de LCA para referirse a impactos ambientales de un tema en específico.

**Trabajos de grado y reportes** Investigaciones en temas cercanos de infraestructura eléctrica que hacen referencia a los impactos posibles.

**Libros** Documentos que tratan especialmente aspectos técnicos del sistema de potencia, estableciendo y desarrollando algunos impactos, especialmente las emisiones de GEI.

**Otros** Resúmenes, comentarios, noticias, entre otros, que nombran o indican someramente impactos ambientales asociados con el sector eléctrico. Hay un énfasis particular en las emisiones de GEI. Estos no se tienen en cuenta debido a que no están bien soportados.

La cantidad de referencias útiles que se pueden encontrar es elevada. Sin embargo, después de construir un base de documentos con los temas a estudiar, se decide detener la búsqueda de nuevos elementos, limitándose a referencias en los documentos encontrados que puedan complementar la base. El número de documentos analizados es superior a setenta.

Inicialmente se revisaron las guías ambientales del sector eléctrico en Colombia (ver sección 2.2.10). De ahí se estableció una base, identificando los impactos y descripciones que la autoridad ambiental nacional sugiere tener en cuenta a la hora de realizar un EsIA. El primer resultado fue una lista de impactos de proyectos térmicos, líneas de transmisión, hidroeléctricas, distribución y subestaciones; con su respectiva descripción. Muchos de los impactos se repetían a lo largo de los documentos, considerándose entonces como *genéricos*. Estos impactos corresponden principalmente a la etapa de **construcción** del proyecto. Los impactos sobrantes eran particulares para cada tipo de proyecto. Se construyen entonces varias listas, iniciando con impactos genéricos, de centrales térmicas, de líneas de transmisión, de hidroeléctricas y de distribución. Estas listas se complementaron en primera instancia con otras guías. Por ejemplo, se estudia la guía ambiental de Francia de impacto de parques eólicos[141], agregando un nueva lista.

A continuación se revisan los demás tipos de documentos, realimentando las listas definidas anteriormente. Se va encontrando un patrón similar: impactos genéricos debidos a la construcción de la infraestructura e impactos propios de la operación. A medida que un impacto se repite, se agrega la referencia al impacto previamente identificado. Si aparece un impacto nuevo, se agrega y referencia, debido a que la idea es tener una visión amplia. Se encuentran y definen otros grupos de impactos: consumidores y paneles fotovoltaicos. Se realiza una conjunto para estos dos debido a que no son extensos los resultados encontrados.

Finalmente, se tienen varias listas con impactos, descripción y referencias. Cada lista se depura para encontrar posibles duplicidades o ítems que pudieran no estar bien soportados. Se consolidan las siguientes listas de impactos de infraestructura del sector eléctrico:

- Etapa Construcción, Sección 4.2
- Centrales Térmicas, Sección 4.3
- Centrales Hidroeléctricas, Sección 4.4
- Parques Eólicos, Sección 4.5
- Líneas de Transmisión, Sección 4.6
- Sistemas de Distribución, Sección 4.7
- Otros, Sección 4.8

## 4.2. Impactos ambientales en construcción

Como obras de infraestructura, el sector eléctrico tiene impactos típicos referentes a la construcción de obras civiles. Generalmente los proyectos se desarrollan en sitios rurales aislados; lo que significa llegar a una zona, estudiarla, adecuarla, llevar la maquinaria y personal necesaria, instalar campamentos, desarrollar la obra civil, interactuar con la comunidad local y finalmente, salir de la zona dejando una infraestructura eléctrica en operación, cambiando la cultura, tradición y paisaje de la zona.

En esta sección se recopilan los principales impactos ambientales referentes a la construcción de la infraestructura eléctrica de cualquier tipo.

**Tabla 4-1.:** Impactos Ambientales genéricos sector eléctrico

| <b>Impacto - Descripción</b>   | <b>Refs</b>  |
|--|--|
| <b>(+) Acceso al servicio de energía eléctrica</b>   |  |
| Es muy posible que la región donde se ubique el proyecto implemente el acceso al servicio público de energía eléctrica. Esto tiene consecuencias positivas como la refrigeración (comida, medicamentos), iluminación, percepción de seguridad, comunicaciones, nuevos tipos de actividades económicas o el aumento del comercio local. | [12] [34] [173] [180] [85]<br>[63] [140] [61] [105]<br>[158] [60] [203] [89]<br>[126] [44]                                       |
| <b>(+) Generación de empleo</b>  |  |
| Generación de empleo temporal y constante. Durante la construcción se requiere personal para distintas tareas. Durante la operación se requiere personal, en una medida bastante menor, para el mantenimiento de la infraestructura.   | [141] [173] [180] [85]<br>[50] [46] [140] [74] [34]<br>[105] [63] [158] [72] [60]<br>[203] [172] [131] [12]<br>[89] [167]        |
| <b>Afectación de la fauna</b>  |  |
| Proliferación o desaparición de especies ya sea por acción directa (caza o captura) o por cambios en las condiciones ambientales que limiten el crecimiento y reproducción. Migraciones anormales. Pérdida de hábitat para especies animales. Muerte de individuos de especies consideradas venenosas.                                 | [141] [163] [126] [173]<br>[210] [63] [45] [44] [46]<br>[50] [75] [74] [34] [158]<br>[72] [60] [203] [131]<br>[171] [89] [167]   |
| <b>Afectación de la flora</b>  |  |
| Modificaciones en las coberturas vegetales y la flora, ya sea por tala o por cambios en las condiciones ambientales que limitan el crecimiento y la reproducción. Afectación del hábitat de la flora por cambios en nivel freático y en el sustrato.   | [45] [44] [46] [50] [210]<br>[185] [74] [34] [158] [72]<br>[89]  |
| <b>Afectación de la vegetación</b>   |  |
| Las acciones típicas de la construcción desencadenan efectos negativos y casi irreversibles por pérdida de especies vegetales. En general, la primera acción es retirar la vegetación del sitio seleccionado.  | [212] [126] [173] [45]<br>[63] [44] [46] [50] [141]<br>[185] [128] [196] [163]<br>[75] [74] [105] [60] [131]<br>[171] [89] [167] |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-1 – continuación

| Impacto - Descripción  | Refs   |
|--|--|
| <b>Afectación del patrimonio histórico y arqueológico</b>  |  |
| En la construcción y operación de los proyectos de infraestructura eléctrica en ciertas áreas se puede alterar y/o dañar el patrimonio histórico y arqueológico.   | [50] [140] [46] [45] [163]<br>[105] [63] [203] [131]<br>[89] [167]               |
| <b>Alteración de la dinámica fluvial</b>   |  |
| Para la adecuación del terreno será necesario, en ocasiones, desviar y canalizar algunos cursos de agua. La dinámica fluvial de las corrientes afectadas sufrirá una disminución en su capacidad de transporte y depósito de sedimentos.   | [44]   |
| <b>Alteración del paisaje</b>  |  |
| Durante la construcción, cambios en el paisaje natural debidos a instalación de campamentos, remoción de vegetación, adecuación de caminos y a la obra civil como tal.   | [44] [46] [45] [102] [140]<br>[163] [34] [105] [158]<br>[60] [131] [171] [167]   |
| <b>Alteración del patrón de drenaje del suelo</b>  |  |
| La disposición del suelo removido y la construcción de obras, modifican drásticamente el patrón de drenaje de la zona, generando condiciones de concentración de la escorrentía superficial y acelerando los procesos de pérdida de suelo por lavado del mismo.  | [44] [45]  |
| <b>Alteración morfológica de cauces</b>  |  |
| Es común observar taponamiento de cauces, desvíos y otras intervenciones anómalas que alteran sus características morfométricas. Otra actividad que generalmente causa alteraciones importantes en la morfología de los cauces es la explotación de materiales de arrastre requeridos para la construcción de las obras civiles. | [44]   |
| <b>Aumento de expectativas</b>   |  |
| El inicio de la construcción de un proyecto de infraestructura eléctrica generará un aumento de las expectativas, especialmente en el tema de empleo, de la comunidad local y regional, gran parte de la cual quedará insatisfecha por su no vinculación.  | [44] [46] [50] [203]   |
| <b>Aumento de la concentración de gases</b>  |  |
| La utilización de maquinaria y equipo pesado en las actividades de construcción del proyecto, aumentarán las emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono. Se disminuye la calidad del aire.  | [72] [44] [140] [163] [75]<br>[34] [158] [60] [60]                               |
| <b>Aumento de la concentración de material particulado</b>   |  |
| La preparación y adecuación del terreno, así como la construcción de las obras requeridas para el proyecto, contribuirán directamente al aumento de la concentración de material particulado del área.   | [72] [126] [44] [63] [45]<br>[140] [163] [75] [34]<br>[105] [158] [60] [60] [12] |
| <b>Aumento del nivel de ruido</b>  |  |
| La operación de maquinaria, la soldadura, manejo de metales y procesos de montaje de la infraestructura generarán un aumento notable de los niveles de ruido.  | [126] [44] [63] [45] [140]<br>[161] [163] [34] [105]<br>[72] [60] [60] [131]     |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-1 – continuación

| Impacto - Descripción   | Refs   |
|---|--|
| <p><b>Cambios en el uso del suelo</b></p> <p>La construcción de infraestructura eléctrica conlleva una modificación sustancial del uso del suelo. No sólo del área que vaya a ser ocupada, sino también su área de influencia inmediata. Se puede presentar alteración de la actividad económica del suelo, en la ubicación del proyecto y su área de influencia. Pérdida de la capa orgánica y del potencial agrológico del suelo</p>  | [126] [60] [50] [44] [46]<br>[140] [196] [163] [105]<br>[63] [131]                       |
| <p><b>Compactación de suelos</b></p> <p>Debido a la movilización de personal, utilización de maquinaria y asentamiento de equipos y materiales, el suelo donde sufrirá procesos acelerados de compactación, modificando sus propiedades físicas y restringiendo sus posibilidades de utilización futura.</p>  | [210] [45] [44] [163] [61]<br>[105] [60] [167]   |
| <p><b>Contaminación por derrames</b></p> <p>Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua por posibles derrames de combustibles, grasas y aceites provenientes del equipo y del mantenimiento de la maquinaria utilizada en las labores de construcción.</p>  | [44] [61] [105] [89]   |
| <p><b>Desplazamiento de familias</b></p> <p>La construcción de infraestructura eléctrica puede significar el desplazamiento de familias de manera temporal o definitiva, mientras se realice alguna actividad en especial.</p>  | [126] [46] [167]   |
| <p><b>Desplazamiento de infraestructura</b></p> <p>La construcción de infraestructura eléctrica puede significar el desplazamiento de infraestructura de manera temporal o definitiva, mientras se realice alguna actividad en especial.</p>  | [126] [141] [46]   |
| <p><b>Disminución calidad de suelo</b></p> <p>Pérdida o alteración de las características físico-químicas del suelo. Una inadecuada gestión de recursos peligrosos puede terminar en la contaminación del suelo por aceites, combustibles, entre otros.</p>   | [45] [140] [128] [163]<br>[75] [34] [105] [158] [72]<br>[131] [12]                       |
| <p><b>Disminución calidad del agua y corrientes</b></p> <p>Se presentan alteraciones de las características físico-químicas de las corrientes de agua por eventuales vertimientos sin control adecuado. Aumento en el nivel de sedimentos.</p>  | [45] [44] [46] [63] [50]<br>[163] [75] [61] [34] [158]<br>[60] [131] [12] [126]<br>[140] |
| <p><b>Erosión</b></p> <p>La remoción de la capa de suelo deja expuesto los materiales a la acción de los agentes atmosféricos, desencadenando fenómenos erosivos sobre el terreno.</p>  | [126] [63] [45] [50] [74]<br>[61] [105] [60] [167]                                       |
| <p><b>Generación de molestias</b></p> <p>El diseño, construcción y operación de los proyectos genera molestias a las comunidades en el área de influencia de las obras, debido a los daños que se puedan causar en la infraestructura, congestión o interrupción temporal de accesos, aparición o incremento de tráfico vehicular, ruido, polvo y tensión por la presencia de personal ajeno a la zona con lo cual se altera la cotidianidad de las comunidades. Se generan gases y olores. Alteración de la tranquilidad por maquinaria.</p> | [140] [141] [210] [45]<br>[50] [46] [74] [105] [63]<br>[131] [89] [167]                  |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-1 – continuación

| Impacto - Descripción   | Refs   |
|---|--|
| <b>Generación de Residuos</b>   |  |
| Durante la construcción y operación de la infraestructura se generan residuos que pueden alterar la calidad del agua, los suelos y el aire, deteriorar el paisaje y generar molestias a las comunidades vecinas. Los residuos sólidos más comunes son: Biodegradables (material orgánico, madera, cartón y papel y residuos domésticos); No biodegradables (clavos, varillas, tubos, plásticos, vidrio, aceites de los vehículos, etc.); y Material inerte (rocas, mezclas de concreto, desechos de bloques, ladrillos, tejas, etc.). | [173] [112] [128] [45]<br>[50] [46] [101] [13] [63]<br>[72] [172] [89] |
| <b>Incremento riesgo de accidentalidad</b>  |  |
| Se pueden incrementar los accidentes sobre la población local y animales. Esto debido al incremento de tráfico vehicular, construcción de obras civiles, caída de material, mal aislamiento de la zona, curiosidad de la comunidad, entre otros.  | [50] [46] [140] [196]  |
| <b>Incremento riesgo de incendios</b>   |  |
| Durante la construcción debido a presencia de sustancias inflamables.   | [60]   |
| <b>Migraciones temporales</b>   |  |
| La construcción de un proyecto de infraestructura eléctrica puede motivar migraciones de tipo rotacional. El anuncio de inicio de un proyecto puede provocar migraciones en búsqueda de empleo.   | [126] [140] [173] [44]<br>[172]  |
| <b>Modificación cultural</b>  |  |
| Podrían inducirse cambios en los patrones de comportamiento de la comunidad, al contar con personas y equipos ajenos. Se presentan cambios en los patrones de consumo. La composición familiar sufre alteraciones a su tradición. Posibles conflictos con la comunidad por diferencias culturales. Integración de comunidades aisladas.   | [126] [173] [180] [44]<br>[45] [140] [74] [63]                         |
| <b>Modificación del relieve</b>   |  |
| Si se requiere nivelar el terreno, el relieve puede verse modificado.   | [203] [105] [131] [12]   |
| <b>Obstrucción del tráfico vehicular</b>  |  |
| Se puede presentar en vías aledañas al sitio de construcción debido al descargue de materiales, presencia de vehículos y de personal.   | [50] [105] [203] [89]  |
| <b>Sedimentación</b>  |  |
| El aporte de sedimentos a los cursos de agua se presentaría por efecto de la escorrentía superficial de las áreas descubiertas, en donde se haya realizado la remoción de la vegetación y el descapote del terreno. Los materiales sueltos producto del descapote, constituyen también otra fuente importante de sedimentos de arrastre.  | [44] [60]  |

Fuente: Elaboración propia



### 4.3. Impactos ambientales Centrales Térmicas

La generación de energía eléctrica mediante tecnologías térmicas siempre se ha asociado con impactos negativos al medio ambiente, especialmente con emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). En la Tabla 3-1 se presenta una comparación de emisiones para tecnologías térmicas; y en la Tabla 3-2 se encuentra la comparación con otras tecnologías. Se observa que las emisiones son de tres a cuatro veces mayores.

Sin embargo, el estudio de la documentación muestra que este sólo es uno de los tantos que tiene este tipo de generación. El uso de combustibles fósiles tiene impactos grandes en todo su ciclo de vida. Desde la extracción, pasando por el transporte, uso y disposición final, los combustibles generan impactos en términos de contaminación principalmente. La generación térmica seguirá teniendo una gran participación en el parque de generación eléctrica a nivel mundial debido a su bajo costo de instalación y operación[76] (ver Figura 3-6), así como a las reservas mundiales de carbón. No obstante, por ejemplo en Chile[17], se crean impuestos a las emisiones de GEI, lo que vuelve el mercado más competitivo en términos ambientales (ver Figura 3-5).

En esta sección no se tuvieron en cuenta las centrales nucleares debido a que actualmente en Colombia no hay instalaciones de este tipo, y además no se tienen planeadas a futuro[186].

**Tabla 4-2.:** Impactos Ambientales Centrales Térmicas

| Impacto - Descripción  | Refs             |
|--|------------------|
| <b>Acidificación</b>   |                  |
| Debido a la emisión a la atmosfera de ciertos químicos, y tras reaccionar con el vapor de agua presente en el aire, se generan compuestos ácidos que se precipitan a la tierra mediante la lluvia.   | [13] [161]       |
| <b>Afectación a la vegetación</b>  |                  |
| Alteración del proceso fotosintético y productividad primaria de la vegetación que se encuentre ubicada en dirección predominante del viento, pues ésta recibirá gran parte de las emisiones de gases a temperaturas elevadas, partículas de polvo y carbón generados por los patios de acopio y las escombreras de ceniza, causando estrés a la vegetación por la acumulación en sus ramas y hojas de polvo y partículas que afectan los procesos fotosintéticos, el intercambio de gases con la atmósfera y los procesos reproductivos.        | [101] [44]       |
| <b>Afectación de la fauna</b>  |                  |
| La alteración del paisaje, la pérdida de cobertura vegetal, el truncamiento de la sucesión vegetal, sumados a las perturbaciones sonoras por el trabajo de los equipos, el tránsito de camiones con combustibles y otros menores, determinarán la migración de especies animales. Las especies menores aún presentes en el área de las centrales o en sus alrededores, pueden presentar molestias en los sistemas respiratorio y excretor, a causa de la acumulación de material particulado del mineral o de gases provenientes de la chimenea. | [212] [44] [173] |

Tabla 4-2 – continuación

| Impacto - Descripción  | Refs   |
|--|--|
| <b>Alteración del paisaje</b>  |  |
| En operación, las instalaciones de la central térmica pueden no acoplarse con el entorno que las rodea. Impacto en el panorama.  | [44] [185] [112]<br>[102] [140]<br>[196] [203]   |
| <b>Aumento del nivel de ruido</b>  |  |
| La operación de una central térmica genera ruidos por ventiladores, torres de enfriamiento, transformadores, entre otros.  | [112] [173] [44]<br>[185] [101] [28]<br>[203] [196] [47]<br>[167]  |
| <b>Calidad del Aire: Emisión de Gases y material particulado</b>   |  |
| La operación de las centrales térmicas genera emisiones contaminantes a la atmosfera. Los principales son emisiones de gases, material particulado, materiales tóxicos y compuestos orgánicos volátiles (VOC). Los gases son del tipo efecto invernadero (dióxido y monóxido de carbono, vapor de agua, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno). El material particulado esta compuesto principalmente por ceniza e inquemados. Las partículas son de variados tamaños y composición, ocasionando efectos sobre la salud humana. Los materiales tóxicos incluyen óxidos, hidruros de metales o minerales. Los VOC causan smog.   | [112] [185]<br>[101] [169]<br>[7] [129] [207]<br>[44] [129] [135]<br>[138] [101]<br>[161] [28] [203]<br>[172] [47] [167] |
| <b>Contaminación del suelo por derrames</b>  |  |
| Se pueden presentar derrames de combustible, lubricantes y sustancias tóxicas que causan contaminación del suelo, afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con la consecuente pérdida del recurso.  | [44] [203] [167]   |
| <b>Contaminación del suelo por sedimentación de partículas</b>   |  |
| El arrastre de material particulado del patio de acopio de carbón, de las escombreras de ceniza y áreas aledañas, por efecto del agua de escorrentía y el viento, produce la depósito de éstas en el suelo, evitando el intercambio de gases en la matriz del suelo.   | [44]   |
| <b>Contaminación química del agua</b>  |  |
| La contaminación química de las aguas se ocasiona por el vertimiento de aguas residuales industriales originadas en los procesos de tratamiento del agua para la caldera, lavado de equipos y escorrentía de los talleres y áreas de mantenimiento de equipos. Entre las sustancias más comunes que se encuentran en estos residuos están las grasas y aceites, sales ácidas y básicas y metales. Los impactos derivados de la contaminación química ocurren principalmente durante la etapa de operación y su incidencia está relacionada con la afectación de las comunidades acuáticas, restricciones para usos del recurso hídrico o afectación de la salud de la población. | [173] [44] [167]   |
| <b>Contaminación térmica</b>   |  |
| El impacto de la carga térmica por efecto de la descarga del efluente del sistema de enfriamiento es importante cuando el sistema es de circulación abierta y el cuerpo receptor no ofrece un caudal de atenuación adecuado, produciendo un incremento significativo de su temperatura. Este aumento de la temperatura puede acelerar los procesos metabólicos de los organismos acuáticos, con la consiguiente reducción del nivel de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.  | [44] [185] [161]<br>[172]  |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-2 – continuación

| Impacto - Descripción   | Refs  |
|---|---|
| <b>Efecto sobre la salud humana</b>   |   |
| Los contaminantes producidos por combustibles fósiles actúan sobre el sistema respiratorio causando una variedad de efectos adversos sobre la salud. La contaminación del aire desencadena ataques de asma, especialmente en niños. Los agentes contaminantes también provocan enfermedades cardiovasculares, como oclusión arterial (obstrucciones en las arterias, que provocan ataques cardíacos) y formación de infartos (muerte del tejido debido a la privación de oxígeno, lo que ocasiona un daño permanente al corazón). Indirectamente afecta el sistema nervioso, debido a la gran dependencia de flujo sanguíneo constante. Se genera irritación en los ojos. | [169] [7] [112]<br>[29] [130] [172]<br>[47] |
| <b>Incremento riesgo de incendios</b>   |   |
| Presencia de sustancias inflamables en las instalaciones. Condiciones ambientales (por ejemplo sequía).   | [60]  |
| <b>Uso de combustibles fósiles</b>  |   |
| Desde la extracción hasta el transporte y uso, el uso de combustibles fósiles genera otros impactos.  | [87]  |
| <b>Uso extensivo de agua</b>  |   |
| Se requiere un volumen importante de agua para la generación de vapor y el sistema de enfriamiento.   | [101] [28]                                  |

Fuente: Elaboración propia

## 4.4. Impactos ambientales Centrales Hidroeléctricas

A pesar de la creencia común, las centrales hidroeléctricas grandes tienen un impacto ambiental fuerte. La construcción de un embalse es una modificación drástica al ambiente, es una alteración del ecosistema local. El desplazamiento de comunidades, la destrucción de vegetación, flora y fauna, constituye la mayoría de obstáculos en el licenciamiento ambiental de un proyecto hidroeléctrico.

Por lo anterior, actualmente hay una tendencia hacia la promoción de pequeñas centrales hidroeléctricas. Es más fácil desarrollar un proyecto aislado para cubrir las necesidades locales, y no construir una infraestructura de distribución y/o transmisión para lugares cuya demanda no es significativa.

En la Tabla 4-3 se encuentran los principales impactos ambientales de una central hidroeléctrica con embalse.

**Tabla 4-3.: Impactos Ambientales Centrales Hidroeléctricas**

| <b>Impacto - Descripción</b>  | <b>Refs</b>                               |
|---|---|
| <b>(+) Introducción de turismo</b><br>Algunas hidroeléctricas se usan como destino turístico. Implementación de actividades y deportes en el agua.  | [85] [185] [126] [68]<br>[180] [45] [167] |
| <b>(+) Reducción de emisiones de GEI comparados con térmicas</b><br>Aunque se dan emisiones de gases, comparados con las centrales térmicas, las hidroeléctricas no emiten GEI  | [85]                                      |
| <b>(+) Riego en sequía</b><br>El embalse se puede usar para riego controlado en temporadas de sequía.   | [68] [185] [85]                           |
| <b>(+) Tratamiento de aguas</b><br>Para las poblaciones cercanas se puede disponer de agua como servicio público, o, se facilita el desarrollo de una planta de tratamiento de aguas.   | [85]                                      |
| <b>Afectación de la vegetación</b><br>Pérdida o afectación fuerte de la vegetación de la zona por la inundación y cambios profundos en el ecosistema  | [45] [85] [74] [167]                      |
| <b>Afectación del paisaje</b><br>Para grandes hidroeléctricas, la formación de un embalse cambia drásticamente el paisaje original del área de influencia. No obstante, el nuevo paisaje puede convertirse en destino turístico.                                      | [85] [102] [167]                          |
| <b>Alteración de ecosistemas</b><br>Debido a la magnitud de los impactos en distintos factores ambientales, el cambio del ecosistema local es drástico.   | [126] [45] [85] [140]<br>[167]            |
| <b>Alteración de la vida acuática</b><br>Cambios en la composición y abundancia de las poblaciones acuáticas debido a alteraciones físicas o químicas del agua o de la hidrología de las corrientes. Alteración de procesos migratorios. Proliferación de macrofitas. | [68] [45] [185] [85]<br>[74] [167]        |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-3 – continuación

| <b>Impacto - Descripción</b>  | <b>Refs</b>                    |
|---|--------------------------------|
| <b>Alteración de las características químicas de un embalse</b>   |                                |
| Procesos de eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático), estratificación (formación de capas de agua) y salinización (acumulación en el suelo de sales solubles). | [126] [180] [45] [85]<br>[167] |
| <b>Alteración del microclima</b>  |                                |
| Cambio del rango de temperaturas (mínimo y máximo), posible modificación de la frecuencia y tipo de lluvias (ciclo del agua)  | [68] [180] [45] [85]           |
| <b>Conflictos por uso del agua</b>  |                                |
| La utilización del agua podría crear molestias en la comunidad, quienes la han utilizado de otras formas tradicionalmente.  | [140] [167]                    |
| <b>Creación de un hábitat favorable para vectores infecciosos</b>   |                                |
| Creación de las condiciones necesarias para la propagación de enfermedades mediante insectos. Introducción de enfermedades por parte de personas externas.                                    | [126] [140] [167]              |
| <b>Daño o destrucción de tribus o grupos indígenas</b>  |                                |
| La ubicación de una hidroeléctrica puede estar cerca de asentamientos indígenas, poniendo en peligro su continuidad.  | [126] [167]                    |
| <b>Desplazamiento de familias</b>   |                                |
| La construcción de una hidroeléctrica puede generar desplazamientos para la inundación de las tierras.  | [180] [85] [185] [45]<br>[167] |
| <b>Emisión de gases</b>   |                                |
| Los procesos químicos del embalse generan emisiones de gases como metano o CO <sub>2</sub>  | [126] [195] [85] [7]<br>[167]  |
| <b>Impactos sobre la fauna</b>  |                                |
| Para fauna terrestre, destrucción del hábitat y de los ciclos naturales.  | [126] [45] [185]<br>[167]      |
| <b>Incremento de enfermedades relacionadas con el agua</b>  |                                |
| Se pueden presentar las condiciones para la propagación masiva de enfermedades que tienen como medio de transporte el agua.   | [126] [185] [167]              |
| <b>Interrupción vías navegables</b>   |                                |
| Modificación y eliminación de rutas anteriores.   | [45]                           |
| <b>Inundación de tierras</b>  |                                |
| Modificación de un área para su inundación y creación de un embalse. Desaparición de la zona como se conocía.   | [68] [85] [167]                |
| <b>Modificación de la dinámica fluvial</b>  |                                |
| Alteración de corrientes, degradación de cauces.  | [126] [68] [180] [45]<br>[185] |
| <b>Sismicidad</b>   |                                |
| Deslizamientos de tierra debidos a cambios en las propiedades de los suelos.  | [68]                           |

Fuente: Elaboración propia

## 4.5. Impactos ambientales Parques Eólicos

Una de las tendencias a nivel mundial, es el aumento en la instalación de parques eólicos de todas las capacidades disponibles. A nivel latinoamericano, existe un crecimiento lento, guiado por los estudios de potencial así como de los avances en materia de tecnología, capacidad y costo. Respecto al ambiente, los parques eólicos tienen impactos similares a los de líneas de transmisión, siendo estructuras grandes y altas. Se presentan impactos variados como afectación a la avifauna, interferencia electromagnética y hasta cambio del microclima (en estudio).

Un avance tecnológico que potencializará las energías intermitentes<sup>1</sup> son los dispositivos de almacenamiento de energía de gran capacidad (MWh). El almacenamiento de energía ya no es un imposible, mejorando las condiciones de operación del sistema tradicional y la integración se fuentes de generación renovables[6].

En la Tabla 4-4 se encuentran los impactos ambientales de parques eólicos, ya sea en tierra o en mar.

Tabla 4-4.: Impactos Ambientales Parques Eólicos

| Impacto - Descripción   | Refs  |
|---|---|
| <b>(+) Economía local</b>   |   |
| En algunos casos, los propietarios de las tierras pueden recibir arrendamientos por permitir usar sus terrenos.   | [210]   |
| <b>(+) Eliminación de emisiones de GEI</b>  |   |
| La operación de un parque eólico no genera emisiones de GEI. No obstante, el proceso de producción de las estructuras si genera GEI.  | [141] [210] [168] [79]                                      |
| <b>(+) Reducción consumo de agua</b>  |   |
| Las generación térmica convencional utiliza grandes cantidades de agua en sus procesos (termodinámico, limpieza, entre otros). Usando parques eólicos se reduce este tipo de consumo.   | [168]   |
| <b>Afectación de avifauna</b>   |   |
| Heridas o muertes por golpes con las estructuras. Electrocción con líneas energizadas cercanas. Reducción o destrucción de hábitat. Modificación de comportamientos. Desplazamiento de la avifauna. Interrupción de migraciones. Hay impactos especiales sobre poblaciones de murciélagos.  | [141] [117] [127]<br>[212] [210] [168]<br>[119] [128] [167] |
| <b>Afectación del paisaje</b>   |   |
| Un parque eólico se compone de varias torres que son visibles desde grandes distancias. Su introducción genera cambios grandes al paisaje. Un aspa, ya sea en movimiento o quieta, genera un impacto visual. El movimiento de las aspas crea una sombra móvil. Para disminuir el impacto en la avifauna, las torres tienen colores establecidos, los cuales sobresalen del paisaje tradicional. | [141] [127] [143]<br>[168] [212] [117]<br>[119] [128] [167] |

Continúa en la página siguiente

<sup>1</sup>Energías renovables con condiciones cambiantes, tales como velocidad del viento, días nublados, velocidad de las olas, entre otros.

Tabla 4-4 – continuación

| Impacto - Descripción   | Refs  |
|---|---|
| <b>Alteración del mar</b>   |   |
| Para parques eólicos en el mar, cambios en el uso del mar, cambios en pesca, modificación del fondo marino, cambio en la calidad del agua, afectación a la flora marina y costera. Afectación a vida acuática, contaminación por corrosión de las estructuras. Cambio del paisaje marino.     | [141]   |
| <b>Aumento del nivel de ruido</b>   |   |
| El movimiento constante de la turbina eólica durante la operación genera un fuerte ruido. Es generado por una componente mecánica y otra aerodinámica. La mecánica corresponde al rotación constante de los equipos. La aerodinámica corresponde al paso del viento por al aspas.             | [112] [141] [127]<br>[168] [210] [212]<br>[119] [128] [167] |
| <b>Cambio del clima local</b>   |   |
| Para parques grandes existen especulaciones sobre su influencia en el clima local. Por ejemplo, se crean turbulencias que cambian los movimientos de vientos fríos y calientes. También se generan cambios en la humedad relativa del ambiente. Es un tema en investigación a tener presente. | [127] [168]   |
| <b>Cambios en el uso del suelo</b>  |   |
| Alteración del uso actual y futuro del suelo. Un parque eólico requiere una gran área. Sin embargo, se puede continuar con actividades como la agricultura.   | [141] [119] [117]<br>[210] [212] [167]                      |
| <b>Interferencia electromagnética</b>   |   |
| Las turbinas eólicas puede interferir sistemas de comunicaciones que usen ondas electromagnéticas. Así mismo, pueden reflejar señales, dañando la calidad de la televisión o sistemas de aterrizaje.  | [119] [168] [210]<br>[112] [212] [128]<br>[167]             |

Fuente: Elaboración propia

## 4.6. Impactos ambientales Líneas de Transmisión

“En general, los efectos asociados a estas infraestructuras están directamente relacionados, por una parte, con el emplazamiento elegido para la subestación y con la longitud de las líneas eléctricas de transporte y, por otra, con los valores naturales, sociales y económicos que posee el medio donde se proyectan” [163].

Las líneas de transmisión generan variados impactos durante la fase de construcción y operación. Inicialmente se requiere despejar el camino que va a seguir la línea, definiendo el espacio requerido para la operación de las líneas, desplazando población así como infraestructura. Ya en operación, las líneas cuentan con las distancias necesarias para no impactar negativamente en las actividades cotidianas de los habitantes de las zonas cercanas al corredor de la línea de transmisión. Se presentan impactos con avifauna, generación de campos electromagnéticos, modificación del paisaje e incluso emisiones de gases.

En la Tabla 4-5 se describen los principales impactos ambientales de una línea de transmisión.

**Tabla 4-5.: Impactos Ambientales Líneas de Transmisión**

| <b>Impacto - Descripción</b>   | <b>Refs</b>  |
|--|--|
| <b>Afectación a la vegetación</b>  |  |
| Durante la construcción, debe retirarse vegetación para llegar a los sitios de instalación así como para establecer la servidumbre. Durante la operación, se requiere realizar podas periódicas para mantener las distancias de seguridad.                   | [46] [185] [177]<br>[75] [167]                                   |
| <b>Afectación de avifauna</b>  |  |
| Heridas o muertes por golpes con la estructura. Electrocuición con líneas energizadas. Reducción/destrucción de hábitat. Modificación de comportamientos. Desplazamiento de la avifauna. Interrupción de migraciones. Impacto nulo para líneas subterráneas. | [46] [105] [131]<br>[89] [167]                                   |
| <b>Afectación de la fauna</b>  |  |
| Afectación a fauna silvestre por alteración y disminución de hábitats y matriz de vegetación. Dispersión o fuga de algunos individuos debido al incremento del ruido.  | [46] [89] [167]  |
| <b>Alteración del paisaje</b>  |  |
| Las torres de transmisión son estructuras grandes, visibles desde grandes distancias. Modificación el panorama natural. Impacto nulo para líneas subterráneas.   | [120] [46] [102]<br>[140] [75] [105]<br>[72] [131] [89]<br>[167] |
| <b>Aumento del nivel de ruido</b>  |  |
| Bajo algunas condiciones climáticas se pueden generar ruido. Se conoce generalmente como Ruido Corona (ruido debido al efecto Corona).   | [94] [144] [120]<br>[46] [75] [131]                              |
| <b>Cambios de relieve</b>  |  |
| Especialmente para líneas subterráneas, se requieren grandes excavaciones y posteriores rellenos que pueden modificar el relieve.  | [105]  |

Continúa en la página siguiente



Tabla 4-5 – continuación

| Impacto - Descripción  | Refs  |
|--|---|
| <p><b>Cambios en uso del suelo</b></p> <p>Durante la operación existe una franja de suelo que pierde sus opciones de uso (servidumbre). Para una línea subterránea, después de la construcción es posible volver a usar el suelo de la misma forma que antes.</p>  | <p>[72] [120] [46]<br/>[185] [196] [105]</p>          |
| <p><b>Desestabilización de laderas</b></p> <p>Se genera por remoción de la cobertura vegetal, movimientos superficiales o profundos de tierra, aumentando temporalmente su exposición a factores climáticos tales como precipitación, viento, etc., y/o por el desequilibrio causado por una excavación o corte de altura significativa o con ángulo muy pronunciado; los cuales pueden desencadenar desprendimientos de material a corto, mediano o largo plazo.</p>  | <p>[46]</p>   |
| <p><b>Desplazamiento de familias</b></p> <p>Las líneas de transmisión restringen el uso del suelo para la permanencia de viviendas actuales y futuras, dentro del corredor de servidumbre. Dicha restricción causa el desplazamiento de familias, lo cual puede generar cambios en sus formas de adaptación económica y cultural</p>   | <p>[46] [196]</p>                                     |
| <p><b>Desplazamiento de infraestructura</b></p> <p>La restricción del uso del suelo causada por las líneas, para la permanencia de infraestructura comunitaria (escuelas, puestos de salud, placas polideportivas o centros recreativos, tiendas comunitarias y en general espacios de interacción social), en los corredores de servidumbre; genera alteraciones sociales y económicas a las familias y a las comunidades, debido a la pérdida temporal o definitiva de servicios sociales comunitarios.</p>  | <p>[46]</p>   |
| <p><b>Generación de campos electromagnéticos</b></p> <p>Generación de campos eléctricos (proporcionales a la tensión) y magnéticos (proporcionales a la corriente) debidos a la operación, dependiendo también de la disposición geométrica. Aunque no se han probado consecuencias sobre la salud humana, se deben conservar las distancias requeridas. Para líneas subterráneas, tienen más impacto los campos magnéticos que los eléctricos. Las inducciones eléctricas pueden causar a personas o animales, descargas de corriente al contacto con objetos metálicos inducidos por la cercanía a las líneas de transmisión en operación, como consecuencia del campo eléctrico generada por éstas.</p> | <p>[46] [185] [94]<br/>[177] [196] [105]<br/>[72]</p> |
| <p><b>Generación de gases</b></p> <p>Producción de ozono como resultado de efecto Corona.</p>  | <p>[94] [196]</p>                                     |
| <p><b>Generación de interferencia</b></p> <p>Se presenta interferencia en la banda de comunicaciones de radiofrecuencia (ondas de radio), ocasionadas por las descargas del efecto corona en una línea de transmisión.</p>   | <p>[46] [185] [94]<br/>[177] [196]</p>                |

Fuente: Elaboración propia

## 4.7. Impactos ambientales Sistema de Distribución

En general, los proyectos de distribución no requieren Estudios de Impacto Ambiental. Sin embargo, sus características técnicas pueden tener impactos significativos, similares a los de transmisión. En la Tabla 4-6 se encuentran algunos impactos generados por la distribución de energía eléctrica, algunos análogos a los de transmisión.

**Tabla 4-6.:** Impactos Ambientales Redes de Distribución

| <b>Impacto - Descripción</b>  | <b>Refs</b>          |
|---|----------------------|
| <b>Afectación a la vegetación</b>   |                      |
| En el caso rural, durante la construcción, debe retirarse vegetación para llegar a los sitios de instalación así como para establecer la servidumbre. Durante la operación, se requiere realizar podas periódicas para mantener las distancias de seguridad.  | [177] [12]           |
| <b>Afectación de avifauna</b>   |                      |
| La electrocución de un ave se produce por contacto entre un conductor y tierra, con dos conductores o más a menudo, por contacto y derivación a tierra a través del poste metálico. La corta distancia entre los conductores y estructuras o elementos facilita los accidentes.   | [50] [177] [12]      |
| <b>Afectación de infraestructura vial y de servicios públicos</b>   |                      |
| Las vías pueden verse afectadas durante la construcción de redes de distribución debido al incremento de tráfico vehicular generado por el transporte de estructuras, elementos (cables, aisladores, herrajes, equipos) y personal. Se pueden interrumpir otras redes de servicios públicos (Acueductos, gas, comunicaciones) mientras se instala la infraestructura.   | [50] [116]           |
| <b>Afectación del paisaje</b>   |                      |
| Las redes aéreas rurales son elementos extraños que no se integran con el panorama. A nivel urbano, la cantidad de elementos presentes puede dañar la visual de los sitios.   | [102] [50] [63] [12] |
| <b>Cambios en el uso del suelo</b>  |                      |
| La servidumbre de distribución no es grande pero existe. No se pueden establecer otras infraestructuras cercanas.   | [50]                 |
| <b>Contaminación por fuga de PCBs</b>   |                      |
| Manejo de aceites de transformadores, condensadores y chatarra posiblemente contaminada con bifenilos policlorados (PCBs). Constituyen una amenaza para los suelos, aguas y biota, tanto de la región como fuera de ella. La inhalación o ingestión de PCB s por parte de seres humanos ha resultado en alteraciones serias a la salud (p.ej. alteración del sistema endocrino, defectos en el sistema inmunológico, disfunción hepática, entre otros). | [20] [50] [88]       |
| <b>Contaminación por fuga de SF<sub>6</sub></b>   |                      |
| El SF <sub>6</sub> es un contaminante, por lo su uso inadecuado puede generar impactos sobre la salud humana y la calidad del ambiente. Se puede dar por fugas o por accidentes en mantenimientos.  | [136] [20]           |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-6 – continuación

| Impacto - Descripción   | Refs             |
|---|------------------|
| <b>Generación de energía extra por ineficiencia</b>   |                  |
| Las pérdidas de las redes de distribución, tanto técnicas como no técnicas, significan un aumento de la generación de energía eléctrica, con todos los impactos que se asocian.             | [91]             |
| <b>Incremento del riesgo de electrocución</b>   |                  |
| En caso de un falla mecánica, como la caída de un poste o de un conductor, el elemento puede quedar energizado sin aislamiento, poniendo en riesgo de electrocución de personas y animales. | [177] [99] [196] |

Fuente: Elaboración propia

## 4.8. Otros Impactos ambientales

Finalmente, de manera complementaria, en esta sección se recopilan algunos impactos ambientales referidos a otros proyectos de infraestructura eléctrica.

La construcción y operación de subestaciones (transmisión y distribución) generan impactos, sin embargo, la mayoría son de tipo constructivo y se encuentran en la Sección 4.2. En la Tabla 4-7 se encuentran otros impactos asociados a la operación de subestaciones.

**Tabla 4-7.:** Impactos Ambientales Subestaciones

| <b>Impacto - Descripción</b>  | <b>Refs</b>                           |
|---|---------------------------------------|
| <b>Alteración del paisaje</b><br>Tanto a nivel urbano o rural, las subestaciones son instalaciones que modifican el panorama.   | [102] [50] [131]                      |
| <b>Aumento del nivel de ruido</b><br>La operación de los equipos eléctricos genera ruido constante. Se crean molestias en la comunidad y se ahuyenta la fauna (especialmente zonas rurales).  | [46] [50] [66] [67]<br>[34] [72] [60] |
| <b>Generación de campos electromagnéticos</b><br>La operación de una subestación induce a la generación de campos electromagnéticos, que si bien no se tiene certeza de los efectos, debe tenerse en cuenta para minimizar la exposición de los seres vivos a estos | [46] [50] [63] [60]                   |
| <b>Riesgo electrocución animales</b><br>Especialmente en zonas rurales, algunos animales pequeños como roedores o gatos se acercan a elementos energizados como transformadores, sin tener la distancia adecuada, causando electrocución.                           | [50] [177]                            |

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, existen dos tendencias respecto a las tecnologías que aprovechan la energía solar: los paneles solares a nivel de consumidor y las instalaciones de gran magnitud. Actualmente no requieren licencia ambiental, pero el gran avance y experiencia mundial podrían facilitar la implementación a gran escala en Colombia. En la Tabla 4-8 se encuentran algunos impactos ambientales relacionados con la operación de paneles fotovoltaicos.

**Tabla 4-8.:** Impactos Ambientales Paneles Solares

| <b>Impacto - Descripción</b>   | <b>Refs</b>      |
|--|------------------|
| <b>(+) Reducción Emisiones de GEI</b><br>Se reducen las emisiones de GEI por no usar centrales térmicas. Aunque en la operación no utilizan ningún combustible fósil, en los análisis tipo LCA se ha demostrado que la energía y las emisiones durante la etapa de fabricación son elevadas. | [118] [195] [79] |

Continúa en la página siguiente

Tabla 4-8 – continuación

| Impacto - Descripción   | Refs        |
|---|-------------|
| <b>Generación de desechos</b>   |             |
| La operación de componentes químicos genera desechos que causarían grandes impactos si no tienen una disposición final adecuada.  | [140] [167] |
| <b>Uso de agua</b>  |             |
| Durante la etapa de construcción, se requieren elevadas cantidades de agua, especialmente para la producción de los compuestos químicos de alta pureza. En operación se requiere agua para limpiar las superficies, las cuales generalmente están en sitios con condiciones atmosféricas fuertes. | [118]       |
| <b>Uso del suelo</b>  |             |
| Se requiere destinar un área considerable para el montaje de los paneles solares, sin posibilidad de usos futuros.  | [118] [167] |

Fuente: Elaboración propia

Por último, aunque no corresponde a una infraestructura, la Tabla 4-9 presenta algunos impactos ambientales de los consumidores respecto de su uso de la energía eléctrica.

Tabla 4-9.: Impactos Ambientales Consumidores

| Impacto - Descripción   | Refs                            |
|---|---------------------------------|
| <b>Generación extra por consumo ineficiente</b>   |                                 |
| Energía eléctrica desperdiciada o consumida de manera ineficiente, resultando en emisiones de GEI y construcción de infraestructura no necesaria  | [114] [176] [33]                |
| <b>Iluminación</b>  |                                 |
| El desperdicio energético debido a la excesiva iluminación nocturna (o a iluminación encendida en horas diurnas), no solo contamina lumínicamente, sino que significa generar y transportar energía eléctrica, con sus respectivos impactos. Desechos electrónicos. Efectos perjudiciales para la salud humana como consecuencia de las radiaciones ultravioletas e infrarrojas.  | [205] [211] [29]                |
| <b>Residuos WEEE</b>  |                                 |
| Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Después de la vida útil los equipos no son siempre tienen procesos adecuados de disposición final. Para equipos sin componentes electrónicos, el reciclaje es más fácil y económico. Por otra parte, algunos equipos electrónicos contienen numerosos químicos que requieren de procesos costosos y complicados, aumentando el impacto ambiental y los efectos sobre la salud humana. | [122] [176] [14]<br>[103] [206] |

Fuente: Elaboración propia



# 5. Antecedentes, diagnóstico y definición de propuesta

## 5.1. Introducción

En este capítulo se revisan algunos antecedentes relevantes para el desarrollo del trabajo; los cuales sirven como insumo para el objetivo principal: desarrollar una propuesta metodológica para la EIA del sector eléctrico en Colombia. Para cada antecedente seleccionado se realiza un análisis de su objetivo, metodología, principales resultados e influencia en el trabajo de este documento. Después se realiza un diagnóstico para determinar las debilidades y fortalezas del sistema EIA para el sector eléctrico. Finalmente, se selecciona una metodología a partir de dos criterios: legales y técnicos. Se hace una revisión en temas específicos de cada aspecto y finalmente se identifica la metodología que sería más apropiada para ser la base de la propuesta.

El resultado de este trabajo es una propuesta metodológica a partir de un diagnóstico realizado. Para desarrollarlo, se recogen las conclusiones de los análisis de los capítulos anteriores. En el Capítulo 1 se estudiaron las metodologías para la EIA. Se concluyó que la mejor opción era una metodología AD HOC, la cual se compone de elementos de múltiples metodologías. Del Capítulo 2 se sabe que la legislación no obliga a usar una metodología específica. Sin embargo, en Colombia se requieren y sugieren algunos aspectos: por ejemplo evaluaciones cualitativas y cuantitativas con algunos criterios. En el Capítulo 3 se estudia el objetivo y el funcionamiento de la infraestructura eléctrica; así mismo se observa que el sector eléctrico colombiano no tiene entidades con responsabilidades de tipo ambiental específicas. En el Capítulo 4 se estudian los impactos de la infraestructura eléctrica, concluyendo que son variados, dependiendo del tipo de proyecto y la fase correspondiente a la actividad (construcción u operación).

En el tema de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en Colombia se han realizado algunos trabajos. Luego de búsquedas por palabras clave y referencias de otros documentos, se encontraron algunos documentos que tienen una correlación grande con los temas abordados en este trabajo. Por ejemplo, Sánchez y Ortolano revisaron la EIA para una autoridad ambiental regional (2001-[174]). Toro realizó una propuesta de mejora a la EIA en Colombia a partir de un análisis constructivo (tesis de doctorado, 2009-[184]), evaluó el sistema de EIA colombiano (2010-[183]) y estudió la aplicación de la vulnerabilidad como medio para disminuir la incertidumbre de la EIA (2012-[182]). Martínez realizó una propuesta de metodología para la EIA en Colombia (2010-[137]). Finalmente, con respecto al sector eléctrico, Gil[92] revisó algunos estudios ambientales para realizar una caracterización (2010-[137]).

Se realizó un diagnóstico de la EIA del sector eléctrico colombiano, tomando como base la evaluación realizada por Toro[183], revisando cada criterio con respecto a las particularidades del sector. Se encontró que en general el sistema EIA colombiano tiene varios elementos por mejorar, en términos de procedimientos, requerimientos, personal, entre otros. Lo anterior no difiere para el sector eléctrico. Así mismo, con base en el documento Problemática del desarrollo de la infraestructura del sector eléctrico [58], realizado por el Comité de Seguimiento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica - CSMEM, se complementa el diagnóstico con otros aspectos más puntuales.

Una vez estudiados los antecedentes y realizado el diagnóstico, se considera que es más óptimo adecuar una metodología existente a crear una desde cero. Las personas o grupos que han desarrollado metodologías cuentan con una experiencia notable en el tema, asegurando que la metodología ha pasado por varios filtros. Por lo tanto, se selecciona una metodología como base de acuerdo a criterios tales como: antecedentes, consideraciones legales actuales, las consideraciones técnicas de acuerdo a los impactos típicos, al estudio de las metodologías disponibles para realizar la EIA y al desarrollo en el tema a nivel nacional e internacional. Esta metodología será ajustada de acuerdo con el objetivo del trabajo.



## 5.2. Antecedentes

Los antecedentes son trabajos previos que se han desarrollado en el tema de la EIA a nivel nacional. Inicialmente se realizaron búsquedas en bases de datos usando palabras clave. De ahí surgió una cantidad de documentos, los cuales se fueron filtrando de acuerdo a la pertinencia con el objetivo de este trabajo. Al utilizar la restricción (filtro) de estudiar la EIA en Colombia se redujo el espectro de documentos encontrados. Así mismo, paralelo a la búsqueda, algunas referencias de otros documentos llevaron a establecer un grupo de sólo tres antecedentes principales. En general, los antecedentes inician con las definiciones e historia de la EIA; pasan a revisar la situación legislativa del momento sobre la EIA en Colombia; y finalmente desarrollan su objetivo principal. A continuación, se encuentran algunos resultados relevantes de los antecedentes seleccionados, los cuales sirven como punto de partida para desarrollar la propuesta de mejora.

### 5.2.1. Análisis crítico y propuesta de mejora para la EIA en Colombia

**Environmental impact assessment in Colombia: Critical analysis and proposals for improvement[183]**

En este artículo se realiza una revisión profunda a la evolución del sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia, desde sus inicios hasta el 2009. Así mismo, realiza una evaluación del sistema de EIA en Colombia, en la cual se identifican sus fortalezas y debilidades. El modelo de evaluación usado está basado en el creado por Christopher Wood[208], se modificaron los criterios de Wood<sup>1</sup>: de catorce se pasó a dieciséis criterios, en tres categorías. Junto con la evaluación de los dieciséis criterios, se realizó un panel de expertos (veinte personas con más de diez años de experiencia en el tema), para verificar los resultados. La Tabla 5-1 presenta la evaluación realizada por Toro.

De la Tabla 5-1 se observa que en el momento de la evaluación, el sistema EIA de Colombia sólo cumplía con 2 de los 16 criterios establecidos. En el libro de Wood [208] se realiza la evaluación a siete sistemas: Estados Unidos, California, Reino Unido, Países Bajos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda. Aunque los criterios no son los mismos, la evaluación del sistema colombiano (2009) comparado con cualquiera de los otros sistemas (en 1995-1997) es negativa. Con el Decreto 2820 de 2010, se actualizaron algunos elementos del sistema EIA evaluado. Sin embargo, no se encuentran avances significativos que pudieran mejorar la situación del sistema respecto a los criterios planteados.

---

<sup>1</sup>En la Sección 2.3 hay una breve descripción del modelo de evaluación de Wood.

Tabla 5-1.: Evaluación Sistema EIA Colombia (2010)

| Criterio de evaluación   | Estudio |    |    | Exp (%) |    |    |
|--|---------|----|----|---------|----|----|
|  | Si      | Pa | No | Si      | Pa | No |
| <b>1. Soporte legal y administrativo</b>   |         |    |    |         |    |    |
| 1.1 El sistema EIA es soportado por fundaciones nacionales e internacionales   | X       |    |    | 65      | 30 | 5  |
| 1.2 La elaboración e implementación de EsIA esta basada en guías con requerimientos de contenido claros  |         | X  |    | 60      | 35 | 5  |
| 1.3 El sistema EIA es gestionado por un número de personal suficiente, que tiene competencia y entrenamiento para operar el sistema  |         |    | X  | 20      |    | 80 |
| <b>2. Proceso EIA</b>  |         |    |    |         |    |    |
| 2.1 Un proceso de screening es obligatorio para determinar si el proyecto o actividad requiere un EsIA   |         |    | X  | 5       | 20 | 75 |
| 2.2 El proceso EIA incluye un Scoping para determinar el contenido y alcance del EsIA  |         | X  |    | 40      | 30 | 30 |
| 2.3 El sistema EIA provee unas guías metodológicas adecuadas para los EsIA, especialmente para la identificación y evaluación de los impactos ambientales significativos de todas las acciones |         |    | X  | 30      |    | 70 |
| 2.4 El sistema EIA requiere un análisis de alternativas  |         | X  |    | 20      | 80 |    |
| 2.5 El sistema EIA requiere la ponderación de los impactos ambientales relacionados con factores biofísicos y socioculturales  |         |    | X  | 5       | 30 | 65 |
| 2.6 El sistema EIA incluye Evaluación Ambiental Estratégica  |         |    | X  | 5       |    | 95 |
| <b>3. Seguimiento y Control</b>  |         |    |    |         |    |    |
| 3.1 El EsIA es revisado por la autoridad competente con métodos efectivos  |         | X  |    | 10      | 55 | 35 |
| 3.2 Las decisiones tomadas como resultado del proceso EIA estan publicadas   |         | X  |    | 10      | 55 | 35 |
| 3.3 El sistema incluye la participación y consulta pública durante el proceso EIA  |         | X  |    | 5       | 65 | 30 |
| 3.4 El sistema requiere un Plan de Gestión Ambiental para los impactos generados por las acciones del proyecto, asi como para el seguimiento y control del proyecto                            | X       |    |    | 65      | 35 |    |
| 3.5 Hay un proceso de supervisión para el sistema EIA como un todo   |         |    | X  | 5       | 20 | 75 |
| 3.6 Existen incentivos públicos y privados para impulsar el uso del EIA  |         |    | X  | 15      | 85 |    |
| 3.7 Aparte de compromisos legales, hay pólizas de seguros y obligaciones de rehabilitación que garantizan el uso correcto del Plan de Gestión Ambiental  |         |    | X  | 5       |    | 95 |

Nota: Pa=Parcial, Exp= Expertos

Fuente: Toro et al. 2010

El artículo revisa cada uno de los criterios, explicando los resultados obtenidos. No obstante, lo más importante son las recomendaciones de cómo mejorar el sistema de EIA en Colombia basado en los criterios evaluados. Se concluye que es necesario un cambio en el sistema en general, para que sea más efectivo. En la Sección Recomendaciones (Sec. 7.2) se discuten algunas de las propuestas de mejora, las cuales siguen siendo válidas.

### 5.2.2. Caracterización EsIA ingeniería eléctrica Colombia

#### Caracterización de los Estudios de Impacto Ambiental en los proyectos de ingeniería eléctrica en Colombia [92]

En este trabajo de grado se realiza una descripción y análisis de las normas y leyes ambientales vigentes en el sector eléctrico, así como una presentación de algunos proyectos de infraestructura eléctrica, tales como hidroeléctricas, termoeléctricas y líneas de transmisión. Se revisaron 15 EsIAs de proyectos del sector eléctrico, incluyendo: descripción, evaluación de impactos ambientales y Plan de Manejo Ambiental. A partir de ese trabajo se realiza un cuadro comparativo de EsIAs del sector eléctrico en Colombia, incluyendo algunos de suramérica. En la Tabla 5-2 se encuentra el nombre del proyecto, el tipo de metodología de evaluación de los impactos ambientales identificados, tipo de proyecto eléctrico y, finalmente, el país de localización.

**Tabla 5-2.:** Estudios de Impacto Ambiental Sector Eléctrico

| Proyecto                         | Metodología *          | Tipo                 | País     |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|----------|
| Guavio                           | Valoración Cualitativa | Hidroeléctrico       | Colombia |
| Cadena Rio Bogotá                | Valoración Cualitativa | Hidroeléctrico       | Colombia |
| El Paraiso y Guaca               | EPM                    | Hidroeléctrico       | Colombia |
| Guatape-Playas                   | EPM                    | Hidroeléctrico       | Colombia |
| San Francisco                    | Batelle-Columbus       | Hidroeléctrico       | Colombia |
| Porce III                        | EPM                    | Hidroeléctrico       | Colombia |
| Porce IV                         | EPM                    | Hidroeléctrico       | Colombia |
| El Quimbo                        | EPM                    | Hidroeléctrico       | Colombia |
| Pescadero Ituango                | EPM                    | Hidroeléctrico       | Colombia |
| Mamonal III Termocandelaria      | EPM                    | Térmica              | Colombia |
| Termopaipa                       | EPM                    | Térmica              | Colombia |
| Termoemcali                      | EPM **                 | Térmica              | Colombia |
| Comuneros-Campo                  | Valoración Cualitativa | Línea de Transmisión | Colombia |
| San Carlos-Porce III-Cerromatoso | Valoración Cualitativa | Línea de Transmisión | Colombia |
| Purnio-Miel I-San Felipe         | EPM **                 | Línea de Transmisión | Colombia |
| Misicuni-Santivañez              | Valoración Cualitativa | Línea de Transmisión | Bolivia  |
| Abanico                          | Valoración Cualitativa | Hidroeléctrico       | Ecuador  |
| SE Ceibas                        | Valoración Cualitativa | Subestación          | Ecuador  |
| Electrificación Lampa            | Valoración Cualitativa | Distribución         | Perú     |
| Interconexión Uruguay-Brasil     | Valoración Cualitativa | Transmisión          | Uruguay  |

Fuente: Elaboración propia basado en Gil 2010

\* Se define la metodología base utilizada, pues lo más común es realizar modificaciones

\*\* Para este caso la base es la metodología EPM; sin embargo, tiene modificaciones notables

De la Tabla **5-2** se observa que para el sector eléctrico en Colombia, hay una preferencia por la metodología EPM (ver Sección **1.3.4**), con 10 de 15 proyectos. Esta metodología fue diseñada originalmente para proyectos hidroeléctricos en el país[184], la razón principal de su preferencia.

En segundo lugar de preferencia, se encuentra la metodología de Valoración Cualitativa (ver Sección **1.3.5**). Esta se ha usado en el país y así como en otros de suramérica. No tiene un tipo de proyecto especial, por lo que se aplica bien en cualquier proyecto.

Finalmente, de manera similar con el antecedente anterior, Gil concluye que hay un vacío en la regulación ambiental en Colombia. Así mismo establece que la metodología más usada (EPM) no abarca la magnitud real de los impactos, produciendo incertidumbres y sesgos [92].

### 5.2.3. Propuesta metodológica para la EIA en Colombia

#### Propuesta metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia [137]

Este trabajo es una tesis de maestría, en la cual se genera una propuesta metodológica para la EIA en Colombia. Se presenta un marco teórico y estado del arte, se realiza un estudio de caso (caracterización de las metodologías más usadas en Colombia y análisis de la etapa de EIA), se desarrolla la propuesta y se realiza una aplicación de prueba. Martínez utiliza como base la metodología Cualitativa, incluyendo un análisis conceptual de los criterios seleccionados, así como la correlación de las medidas de impacto ambiental con la valoración final del impacto. Se define un índice de importancia en función de la calidad ambiental<sup>2</sup>. En el trabajo se demuestra que el cálculo de la importancia en función de la calidad ambiental, resulta muy pertinente para la EIA, ya que utiliza un enfoque más objetivo y clasifica un mayor número de impactos en las categorías de severo y crítico[137].

En el trabajo de Martínez, se realiza un análisis de 31 Estudios de Impacto Ambiental, de diferentes sectores, enfocado en la etapa del EsIA que contiene la identificación y evaluación de los impactos. En la Tabla **5-3** se encuentran los resultados de acuerdo a la lista de chequeo diseñada y a los criterios establecidos.

De acuerdo a los resultados de Martínez, en la Figura **5-1** se observa que en Colombia hay una preferencia hacia la metodología Cualitativa. Considerando que la metodología RAM tiene una base en la metodología Cualitativa, cerca del 88 % de los EsIA utilizan la metodología Cualitativa. Un 9 % usa la metodología EPM, la *preferida* para el sector eléctrico según el trabajo de Gil (ver Sec. **5.2.2**).

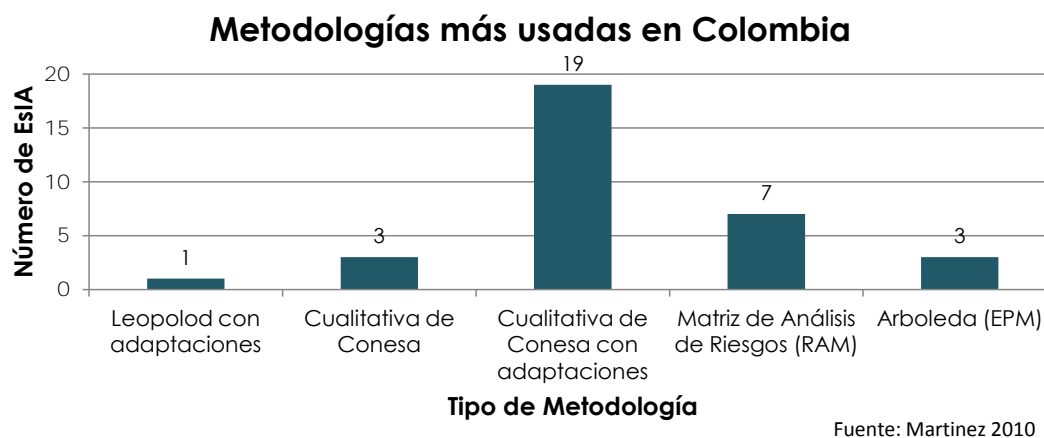
---

<sup>2</sup>La Calidad Ambiental (CA) se define como el conjunto de propiedades y características del medio ambiente que afectan a los seres humanos y otros organismos. Es la medida de la condición de un entorno en relación con los requisitos de una o más especies y/o cualquier necesidad humana[115]. Conesa la define así: la Calidad Ambiental de un factor ambiental es su estado de conservación[59].

**Tabla 5-3.**: Análisis EsIA Colombia 2010[137]

| <b>Criterio</b>   | <b>Resultado</b>  |
|---|---|
| Escenarios (sin y con proyecto)                             | Todos los proyectos realizan el análisis sin proyecto y con proyecto. Sin embargo, hay dificultad para el escenario sin proyecto.   |
| Descripción de impactos y relación causal                   | El 82 % de los proyectos realizan la descripción adecuada de los impactos.  |
| Metodología usada   | Todos los proyectos usan metodologías de tipo cualitativo, en la Figura 5-1 se encuentra el detalle. Más adelante se encuentra un resumen de las modificaciones a la Metodología Cualitativa de Conesa (6 encontradas). |
| Uso de indicadores ambientales                              | Sólo el 9 % de los EsIA incorporan indicadores relacionados con parámetros definidos por las normas de calidad de ambiente.   |
| Correlación entre impactos y Plan de Manejo Ambiental (PMA) | Sólo el 21 % de los EsIA, establecen el tipo de medida de manejo ambiental una vez identifican y valoran los impactos.  |

Fuente: Elaboración propia basada en Martínez 2010

**Figura 5-1.**: Metodologías más usadas en Colombia

En el análisis de los EsIA, Martínez identificó 6 modificaciones a la metodología Cualitativa de Conesa. A continuación se resume cada una de las modificaciones, presentando las nuevas ecuaciones y los cambios en los criterios.

### Ecuación original

$$I = \pm[3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (5-1)$$

Donde:

I=Importancia, IN= Intensidad, EX= Extensión, MO= Momento, PE=Persistencia, RV=Reversibilidad, SI= Sinergia, AC= Acumulación, EF=Efecto, PR=Periodicidad, MC=Recuperabilidad

**Mod. 1**

$$I = \pm[EX + MO + RV + D + EF] \quad (5-2)$$

PE se convierte en duración (D), se eliminan 5 criterios (IN, SI, AC, PR, MC)

**Mod. 2**

$$I = \pm[3M + 2EX + D + RV + MC + AC] \quad (5-3)$$

IN se convierte en magnitud (M) y PE se convierte en duración (D), se eliminan 4 criterios (SI, EF, MO y PR)

**Mod. 3**

$$I = \pm[PO + RV + EF + M] \quad (5-4)$$

Se incluye el criterio Posibilidad de Ocurrencia (PO), se eliminan 7 criterios (EX, MO, PE, SI, AC, PR y MC)

**Mod. 4**

$$I = \pm[3M + 2CO + D + RV + TD + TP + PR + RB + PO] \quad (5-5)$$

IN se convierte en magnitud (M), EX se convierte en cobertura (CO), PE se convierte en duración (D), AC se convierte en tendencia (TD), EF se convierte en tipo (TP), se incluye el criterio Posibilidad de Ocurrencia (PO), se eliminan 2 criterios (SI y MO)

**Mod. 5**

$$I = \pm[3M + 2EX + PO + D + T + RV + MT] \quad (5-6)$$

IN se convierte en magnitud (M), PE se convierte en duración (D), EF se convierte en tipo (TP), se incluye el criterio Posibilidad de Ocurrencia (PO), se incluye el criterio Mitigabilidad (MT), se eliminan 5 criterios (SI, MO, AC, PR y MC)

**Mod. 6**

$$I = \pm[3M + 2EX + MO + PE + RV + MC] \quad (5-7)$$

IN se convierte en magnitud (M), se eliminan 4 criterios (SI, EF, AC y PR)

Del análisis anterior se puede determinar que:

- Los cambios de nombre se pueden asociar con la metodología EPM, donde se tienen los componentes de Magnitud, Duración y Presencia (análogo a PO). El componente Evolución, (E), como medida de la velocidad de desarrollo del impacto, no tendría correlación directa.
- Se presentan cambios en la ponderación de cada criterio, para cada modificación. Esto debido al diferente número de criterios o a las constantes que multiplican el criterio.
- En las cinco modificaciones donde se encuentra, IN (o M) tiene una ponderación máxima promedio de 32 %, un tercio del indicador de Importancia (I). En la ecuación original la ponderación máxima es de 36 %.
- La Reversibilidad RV está presente en todas las modificaciones
- La Sinergia SI es eliminado en todas las modificaciones
- La Periodicidad PR es eliminada en 5 de 6

- MO, AC y EF son eliminadas en 4 de 6 modificaciones
- Se incluye la posibilidad de ocurrencia PO en 3 modificaciones

La propuesta desarrollado por Martínez, se basa en la selección de los criterios originales de Conesa, de acuerdo a un análisis de su concepto, los requerimientos legales, su relación con el cambio en la calidad ambiental y su relación con las medidas del PMA. La ecuación propuesta por Martinez para el cálculo de la importancia es:

$$I_{CA} = \pm[IN + CO + SI + AC + PR + RV] \quad (5-8)$$

$I_{CA}$ = Importancia Ambiental en función de la calidad ambiental,  $IN$ =Intensidad,  $CO$ =Cobertura<sup>3</sup>,  $SI$ =Sinergismo,  $AC$ =Acumulación,  $PR$ =Periodicidad,  $RV$ =Reversibilidad.

Para incluir las medidas de calidad ambiental, Martínez propone usar otros criterios y complementar la ecuación:

$$I_{NETA} = I_{CA(N)} - (I_{CA(N)} * I_{RB(N)}) \quad (5-9)$$

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| $I_{NETA}$  | = | Importancia Neta   |
| $I_{CA(N)}$ | = | Importancia Ambiental en función de la calidad ambiental normalizada                       |
| $I_{RB(N)}$ | = | Importancia de la recuperabilidad ambiental en función de la calidad ambiental normalizada |
| $I_{RB}$    | = | $\pm(TR + E)$  |
| $TR$        | = | Tiempo de recuperación del impacto   |
| $E$         | = | Eficacia de la medida de manejo aplicada   |

Martínez concluye que el cálculo de la importancia de la recuperabilidad y el cálculo de la importancia neta permiten correlacionar la etapa de EIA con la etapa de elaboración del PMA. [137]

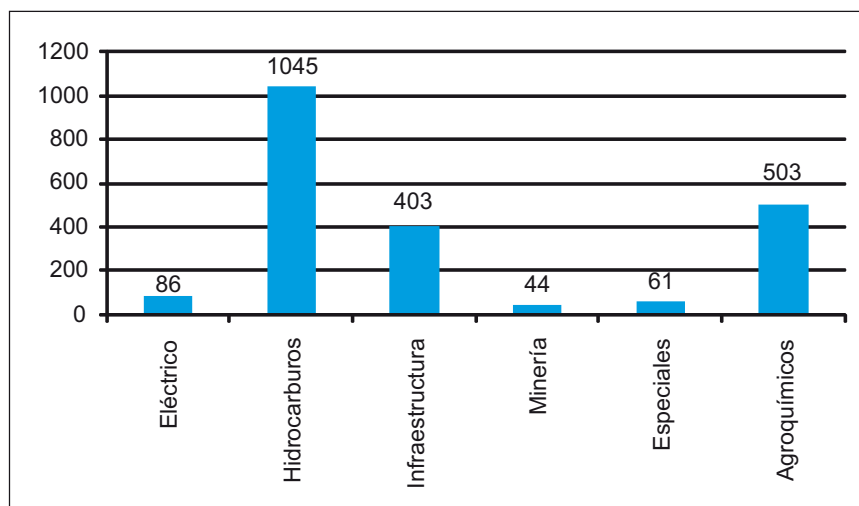
---

<sup>3</sup>Análogo a Extensión (EX)

### 5.3. Diagnóstico sector eléctrico colombiano - EIA

Para realizar el diagnóstico de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y el sector eléctrico colombiano se va a utilizar como base la evaluación que realizó Toro en 2010[183]. Aunque esta evaluación no es específica para el sector eléctrico, se considera que los resultados se pueden extrapolar para el sector eléctrico en particular.

Inicialmente, no se encontró legislación extra específica<sup>4</sup>, entidades especiales ni diferencias marcadas en cómo se aplica la EIA para el sector eléctrico y para los otros. De hecho, cómo se muestra en la Figura 5-2, el sector eléctrico participa sólo el 4 % en las licencias ambientales otorgadas de 1993 a 2011[165]. Eso refuerza la idea de que la EIA del sector eléctrico no tiene condiciones especiales de aplicación de la EIA con respecto a otros sectores.



**Figura 5-2.:** Licencias por sector, 1993-2011 (total: 2142)

La evaluación de un sistema EIA facilita el entendimiento de cómo funciona el sistema y hace posible valorar los resultados del proceso EIA [80]. Tal como se vio en la Sección 5-1, Toro se basó en el modelo de Wood para evaluar el sistema EIA de Colombia (año 2010). Ese tipo de evaluación ayuda a identificar las fortalezas y debilidades del proceso, que resultan en recomendaciones para volver el sistema EIA más eficiente[183]. El modelo original tiene 14 criterios y ha sido aplicado en varios países (ver Sección 2.3). Toro adaptó el modelo usando también los mecanismos de control de Ortolano[149]. Los criterios se modificaron para tener en cuenta algunas particularidades de Colombia, elevando el número a 16. En la Tabla 5-4 se presenta el diagnóstico del sistema EIA para el sector eléctrico colombiano, basado en el trabajo de Toro y en lo estudiado en este trabajo.

<sup>4</sup>Si existen términos de referencia y guías ambientales específicas para el sector. Estos documentos son la adaptación de una base general. No hay legislación extra que resalte de otros sectores.



**Tabla 5-4.:** Diagnóstico EIA - sector eléctrico Colombia

| Criterio  | Diagnóstico   |
|---|---|
| <b>1. Soporte legal y administrativo</b>  |   |
| 1.1 El sistema EIA es soportado por fundaciones nacionales e internacionales  | El sistema EIA se basa en la legislación nacional, que ha evolucionado como se ve en la Tabla 2-1. Así mismo, también se han firmado y adoptado convenios internacionales en el tema. Algunos proyectos del sector eléctrico se encuentran incluidos en este sistema.   |
| 1.2 La elaboración e implementación de EsIA esta basada en guías con requerimientos de contenido claros                             | Todo el proceso para desarrollar y evaluar EsIAs esta reglamentado, no obstante, en la evaluación de Toro[183] se considera que estas guías (términos de referencia) no unifican criterios ni métodos. Lo anterior aplica para el sector eléctrico, el cual cuenta con Términos de Referencia (TdR) y Guías Ambientales (GA). Como se vio en las Secciones 2.2.5 y 2.2.10, los TdR son adaptaciones de una base general para los EsIA del sector eléctrico, sin ninguna particularidad relevante. Respecto a las GA, su última versión fue hace más de 10 años. Un punto importante es que la ANLA <sup>5</sup> esta realizando un proceso de llamado a actualización (julio 2012). |
| 1.3 El sistema EIA es gestionado por un numero de personal suficiente, que tiene competencia y entrenamiento para operar el sistema | Respecto al sector eléctrico: “para la evacuación de todos los proyectos en curso, no existe en el Ministerio del Medio Ambiente un número adecuado de profesionales con dedicación exclusiva y además los trámites de las licencias son complejos, dispendiosos y toman tiempos demasiado largos que superan los compromisos contractuales para la realización de los proyectos”[58]. Igualmente, en conversaciones con encargados de áreas ambientales, una problemática que se identifica es la falta de personal calificado, tanto para desarrollar los EsIA como para evaluarlos.  |
| <b>2. Proceso EIA</b>   |   |
| 2.1 Un proceso de screening es obligatorio para determinar si el proyecto o actividad requiere un EsIA                              | Para cualquier tipo de proyecto existen límites para determinar si debe o no presentar EsIA, ya sea al Ministerio de Ambiente o a una Corporación Autónoma Regional - CAR. No obstante, no hay claridad de cuáles son los criterios para establecer los límites, incluso para el sector eléctrico <sup>6</sup> . Esto se considera como un screening muy básico, el cual podría tener una revisión para hacerlo más óptimo.   |
| 2.2 El proceso EIA incluye un Scoping para determinar el contenido y alcance del EsIA   | “Existe una diversidad de criterios sobre las exigencias y la profundidad de los estudios por parte de las autoridades ambientales”[58]. Para el desarrollo de los EsIA, el sector eléctrico, como los otros sectores, se rige por los términos de referencia. Estos tienen una estructura general y no tiene muchas variaciones. Así mismo, Toro[183] determina en su evaluación que la etapa de scoping es insuficiente de acuerdo con los principios de la EIA.  |

Continúa en la página siguiente

<sup>5</sup>ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales<sup>6</sup>En la Sección 2.2.3 se encuentran los límites del screening para el sector eléctrico.

Tabla 5-4 – continuación

| Criterio   | Diagnóstico   |
|--|---|
| 2.3 El sistema EIA provee unas guías metodológicas adecuadas para los EsIA, especialmente para la identificación y evaluación de los impactos ambientales significativos de todas las acciones | Respecto a una metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, los términos de referencia y otros manuales se reducen a dar sugerencias sobre cómo debe ser, mas no determinan alguna puntual.   |
| 2.4 El sistema EIA requiere un análisis de alternativas  | Como se establece en la Sección 2.2.6, algunos proyectos del sector eléctrico requieren presentar un Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA.   |
| 2.5 El sistema EIA requiere la ponderación de los impactos ambientales relacionados con factores biofísicos y socioculturales  | El sistema EIA colombiano no tiene consideraciones directas respecto de este tema. Sin embargo, esto se puede tener en cuenta en el desarrollo de la EIA mediante la ponderación de los distintos factores ambientales, como lo hace la metodología Cualitativa con las UIP en la Figura 1-6 y/o página 40.   |
| 2.6 El sistema EIA incluye Evaluación Ambiental Estratégica - EAE  | El sistema EIA nacional no obliga realizar EAE. Sin embargo, para el sector eléctrico, la UPME esta incluyendo elementos ambientales en la planificación de expansión del sistema eléctrico[189], tal como se muestra en la página 122.   |
| <b>3. Seguimiento y Control</b>  |   |
| 2.1 El EsIA es revisado por la autoridad competente con métodos efectivos  | Cómo se presenta en la Sección 2.2.8, el MADS tiene un Manual Evaluación Estudios Ambientales[55]. Se considera que es un trabajo ya desarrollado muy importante, que se debe complementar con la capacitación del personal que lo realiza. Para el sector eléctrico no hay particularidades importantes en este manual.  |
| 3.2 Las decisiones tomadas como resultado del proceso EIA estan publicadas   | Aunque no tiene mecanismos de acceso fácil, toda la información referente a los procesos del sistema EIA esta publicada y es de libre acceso, incluyendo los referentes al sector eléctrico.  |
| 3.3 El sistema incluye la participación y consulta pública durante el proceso EIA  | Sólo se requiere la consulta a grupos indígenas y comunidades afro-americanas. “La necesidad de realizar consultas previas con grupos étnicos, negritudes y comunidades que no prevén plazos perentorios, ni tienen agilidad para desarrollar las reuniones y la protocolización de las consultas, retrasan el desarrollo de los proyectos. En la mayoría de los casos, la consulta previa a las comunidades adolece de la representatividad legal de los consejos comunitarios para formalizar acuerdos, así mismo éstos consejos son débiles organizativamente, presentan conflictos internos que obstaculizan el desarrollo del proceso de la consulta y además interna y étnicamente están influenciados por aspectos políticos” [58]. Generalmente, los proyectos del sector eléctrico se diseñan en zonas rurales, por lo cual el elemento social es muy importante, incluso para obstaculizar los proyectos (ver sección 3.4). |

Continúa en la página siguiente

Tabla 5-4 – continuación

| Criterio  | Diagnóstico   |
|---|---|
| 3.4 El sistema requiere un Plan de Gestión Ambiental para los impactos generados por las acciones del proyecto, así como para el seguimiento y control del proyecto | La legislación determina que se debe realizar un Plan de Manejo Ambiental (PMA). Existe un Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos [56]. No obstante, la evaluación de Toro[183] determina que no se usa de la forma adecuada. Finalmente, este se debe complementar con la capacitación efectiva del personal que se encarga del tema. El sector eléctrico no tiene particularidades legales, de hecho, en conversaciones con encargados del área ambiental, las empresas realizan seguimientos ambientales a sus proyectos más completos que los requeridos, como parte de su compromiso ambiental.                                |
| 3.5 Hay un proceso de supervisión para el sistema EIA como un todo  | No existe una política de supervisión del sistema EIA como tal. La Contraloría General de la República tiene ciertas responsabilidades en el tema, pero no existe como tal un esquema de actualización. En el año 2011 se creó la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ver Sección 2.2.17) para darle más autonomía al sistema EIA. Se espera mejor consolidación con los cambios estructurales en las Corporaciones Autonomas Regionales.  |
| 3.6 Existen incentivos públicos y privados para impulsar el uso del EIA   | No existen incentivos para la EIA en Colombia[183]. De hecho, como se presentó en la Sección 3.4, las empresas ven el proceso de licenciamiento ambiental como un obstáculo. Es imprescindible articular efectivamente el proceso EIA con todos los actores, para tener como fin último el desarrollo sostenible. Por otra parte, una tendencia mundial es el rediseño de los sistemas eléctricos para que sean más <i>amigables ambientalmente</i> , esto supone costos superiores a los de los sistemas convencionales, requiriendo alguna señal de incentivos para apoyar el desarrollo de los diseños con menos impactos ambientales. |
| 3.7 Aparte de compromisos legales, hay pólizas de seguros y obligaciones de rehabilitación que garantizan el uso correcto del Plan de Gestión Ambiental             | Según la evaluación de Toro[183], no existen estos elementos con respecto al PMA, incluidos los del sector eléctrico.   |

Fuente: Elaboración propia a partir de Toro et al. 2010

Como complemento, a partir del Informe de *Problemática del desarrollo de la infraestructura del sector eléctrico*[58], realizado por el Comité de Seguimiento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica - CSMEM, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las compensaciones sociales y por pérdida de biodiversidad que se exigen a los proyectos, en algunos casos pueden llegar a comprometer su realización. Además, no existe una metodología aprobada para valorarlas y en algunos casos estas se establecen con criterios subjetivos.
- En algunos proyectos, la selección de alternativas provenientes del Diagnóstico de Alternativas Ambientales, comprometen la factibilidad técnico-económica de los proyectos.

- La mayor parte de los proyectos de infraestructura eléctrica involucran territorios con áreas poblacionales de un contexto socio-económico muy complejo (necesidades básicas insatisfechas, inversión social precaria, pobreza, comunidades desplazadas, bajas coberturas de servicios públicos y sociales, presencia de minorías étnicas, entre otros)
- El desarrollo de los proyectos de infraestructura eléctrica involucra la participación de numerosas entidades sin que exista formalmente la coordinación requerida.
- Las convocatorias adelantadas por la UPME no cuentan con la viabilidad ambiental y social previa, además la UPME no dispone del personal técnico requerido para procesos ambientales
- Existe en el país una regulación ambiental y social; sin embargo su aplicación es muy compleja, genera conflictos y dilata el desarrollo y la ejecución de los proyectos de infraestructura. Además existen situaciones de conflicto entre la autoridad ambiental nacional y la regional, que comprometen los proyectos.

En cuanto a los procesos de planeación y trámites, uno de los más críticos e importantes es el licenciamiento ambiental, tanto en proyectos de generación eléctrica como de transmisión nacional y regional:

- En el caso de los proyectos de generación, la trámites de las licencias ambientales involucran procesos dispendiosos que toman tiempos demasiado largos, que pueden poner en riesgo no sólo el cumplimiento de los compromisos contractuales originalmente definidos para la entrada en operación de los proyectos, sino además el abastecimiento adecuado de la demanda eléctrica del país.
- En el caso específico de los proyectos de transmisión eléctrica, las convocatorias adelantadas por la UPME no cuentan con la viabilidad ambiental y social previa y consecuentemente, la empresa que gana la convocatoria debe someterlo al proceso de evaluación ambiental o licenciamiento, gestionar la viabilidad social y tramitar la constitución de servidumbres.
- El plazo de 190 días para la consecución de la licencia ambiental establecido por la Ley, tampoco considera los tiempos requeridos por la empresa para gestionar los estudios y relacionarse con las autoridades ambientales.

El CSMEM plantea las siguientes acciones específicas:

- La ANLA requiere fortalecerse, en especial con equipo técnico para sector.
- Coordinar con el Ministerio del Interior la situación relativa a la consulta previa con las etnias, minorías y organizaciones sociales, para facilitar el desarrollo de los proyectos.
- Proyecto normativo en materia de adquisición de tierras y servidumbres para el desarrollo de la infraestructura eléctrica
- Gestión del recurso hídrico (concertación con las comunidades, caudal ecológico, límites para EIA, entre otros)

Varios de los elementos identificados anteriormente requieren cambios importantes en el sistema EIA en general. Esto requiere esfuerzos grandes en aspectos políticos y culturales. Sin embargo, el enfoque original de este trabajo es en el aspecto metodológico, el cual se considera puede aportar a

mejorar la evaluación general del sistema EIA colombiano, teniendo en cuenta las particularidades del sistema eléctrico. Toro[184] realizó un análisis de la situación medio ambiental en Colombia, concluyendo que la adaptación de una metodología a la situación colombiana era una opción acertada para mejorar la eficiencia en la aplicación.

A partir del diagnóstico realizado en esta sección, se concluye que el sistema EIA necesita una actualización general para mejorar su aplicación. Así mismo, se concluye que, para el sector eléctrico, una propuesta metodológica puede mejorar algunos de los aspectos identificados anteriormente.

## 5.4. Definición de propuesta

A partir de los antecedentes (Sección 5.2) y del diagnóstico (Sección 5.3), se determina el camino para desarrollar la propuesta de este trabajo. Varios autores se basan en una metodología ya diseñada para implementar modificaciones y *mejorar* su aplicación en aspectos específicos[184]. En esta sección se selecciona la metodología que será la base de la propuesta de este trabajo. Para la selección de la metodología se determinan dos tipos de consideraciones: legales y técnicas. Se hace una revisión en temas específicos de cada aspecto y finalmente se identifica la metodología que sería más apropiada para ser la base.

### 5.4.1. Consideraciones legales

A partir del marco reglamentario definido en el Capítulo 2, se revisa la legislación vigente y sus requerimientos para la EIA y el sector eléctrico, enfocados en el aspecto metodológico. A continuación se presentan los requisitos para la metodología de EIA a ser usada en Colombia:

#### Ley 99 de 1993

Sección 2.2.2 - [40]. De acuerdo con la ley ambiental, se requieren Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) para obtener la licencia ambiental en proyectos determinados. Los EsIA deben contener la evaluación de los impactos, así como el diseño de los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos y el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

#### Decreto 2820 de 2010

Sección 2.2.3 - [51]. En este decreto se actualiza y establece el procedimiento relativo a las licencias ambientales. La EIA es una parte de los EsIA, en la cual se identifican y valoran los impactos de las acciones de los proyectos propuestos. Se define que los EsIA deben elaborarse de acuerdo con los términos de referencia, los cuales son lineamientos generales. Para la presentación de las EsIA, se debe seguir la Metodología General para la Presentación de EsIA. Así mismo, establece que en la evaluación de los EsIA se adoptarán los criterios generales definidos en el Manual de Evaluación de EsIA de Proyectos.

#### Términos de Referencia

Sección 2.2.5. De acuerdo con los términos de referencia aplicables a los proyectos del sector eléctrico, la metodología a usar debe tener una subjetividad baja; debe servir para dimensionar y evaluar cualitativa y cuantitativamente los impactos; debe servir para determinar la vulnerabilidad, sensibilidad y criticidad<sup>7</sup>; así como contar con participación interdisciplinar en su desarrollo. Para cada tipo de proyecto se establecen unos requerimientos específicos en la parte de caracterización inicial y algunos a tener en cuenta en el análisis de evaluación de impactos CON proyecto.

---

<sup>7</sup>No se define ninguno de estos conceptos

### Metodología de Presentación de EsIA

“La metodología utilizada debe facilitar un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario, y la evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre las relaciones causales. Los criterios a considerar para la **evaluación cuantitativa y cualitativa** pueden ser entre otros, carácter, cobertura, magnitud, duración, resiliencia, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, tendencia, tipo y posibilidad de ocurrencia.

Para valorar y jerarquizar los impactos, se debe tomar como referencia los límites permisibles de los contaminantes definidos en la legislación ambiental y el riesgo de la construcción y operación el proyecto sobre los diferentes medios.” [52]

### Manual de Evaluación de EsIA

En la evaluación de un EsIA, en la parte de EIA, se tienen los siguientes criterios (parte del Anexo B-5):

- C-35: El proceso de evaluación de impactos se debe relacionar con las tres funciones analíticas (identificación, predicción y evaluación)
- C-36. La metodología de la evaluación de impactos debe ser la adecuada<sup>8</sup>
- C-37. La evaluación debe identificar la relación causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio potencialmente impactados
- C-38. La evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre las relaciones causales
- C-39. Se deben considerar todas las causales de incertidumbre
- C-40. La evaluación de impactos debe tener una adecuada medición
- C-41. La evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre significación o importancia.

#### 5.4.2. Consideraciones técnicas

A partir del marco teórico del sistema de potencia establecido en el Capítulo 3 y al análisis de los principales impactos ambientales asociados con los distintos tipos de proyectos de infraestructura eléctrica del Capítulo 4, desde una perspectiva crítica y técnica; se llega a tres conclusiones principales:

1. El tamaño del proyecto<sup>9</sup> es la característica que tiene más correlación con causar un impacto negativo. Las centrales de generación eléctrica de baja capacidad (cualquier tecnología), las pequeñas hidroeléctricas, las redes y subestaciones de distribución, no generan impactos tales que el proyecto requiera un proceso de licenciamiento ambiental. De ahí es importante revisar los límites establecidos para definir qué proyecto requiere licencia ambiental.

---

<sup>8</sup>No se determina qué es adecuado.

<sup>9</sup>Capacidad de generación (MW), tamaño del embalse ( $m^3$ ), longitud de la línea (km), tensiones de subestación (kV)

2. La ubicación de los proyectos es un factor importante: el impacto potencial del mismo proyecto puede diferir bastante de acuerdo a su ubicación:
  - La generación térmica no requiere un sitio específico ya que su combustible tiene que ser transportado. Esto es una ventaja para la definición de alternativas, y así mismo, para escoger el sitio con menor impacto.
  - La generación hidroeléctrica requiere un punto/zona específica de ubicación, las alternativas se reducen alrededor del cauce de un río. Así mismo, aunque se considera como energía limpia y/o renovable, las grandes hidroeléctricas son los proyectos que más impactos generan en el ecosistema local (ver Sección 4.4).
  - Las líneas de transmisión se utilizan para la interconexión de ciudades y para conectar al SIN las centrales de generación. Por lo tanto, se construyen principalmente en zonas rurales. Así mismo, generalmente su longitud es de cientos de kilómetros (ver Tabla 3-4). Por otra parte, en el diseño de una línea se busca el óptimo técnico, sin darle el peso suficiente a aspectos ambientales como zonas protegidas o impactos en la fauna.
  - Las subestaciones de transmisión se localizan en los nodos (puntos) de interconexión<sup>10</sup>. Su ventaja radica en que son proyectos puntuales, con un área de influencia pequeña. Se deben evaluar junto con las líneas de transmisión. Por otra parte, para distribución las subestaciones son urbanas o ubicados en los cascos urbanos de las zonas rurales.
  - Para el caso de las energías renovables eólica y solar, se requiere un punto específico para aprovechar el recurso. A pesar de su costo superior, en comparación con otras tecnologías<sup>11</sup>, su ventaja de reducción de emisiones de GEI es un incentivo grande para su desarrollo a nivel mundial. En algunos lugares del mundo, estas estructuras se han incluido en los paisajes, logrando una mejor integración con la comunidad y una reducción en impacto visual.
3. Los impactos ambientales producidos por las acciones de los proyectos de infraestructura eléctrica varían drásticamente de acuerdo a la etapa: construcción u operación.
  - Una central térmica es un edificio, por lo que su construcción tiene impactos típicos de una obra civil. La operación es la etapa que más impactos genera, específicamente la contaminación del aire y sus respectivas consecuencias en la salud humana y en el ecosistema cercano.
  - La construcción de una línea de transmisión es compleja debido a que es necesario llevar materiales y maquinaria a zonas aisladas, las cuales pueden tener características diversas. En la construcción y operación, se requiere destinar una servidumbre, una zona de seguridad en la cual no se pueden estar personas, animales, vegetación o edificios. En operación existe un malestar a la comunidad (ruido, exposición a campos electromagnéticos) e impactos sobre la avifauna.
  - Una subestación de transmisión tiene un proceso de construcción de obra civil típico. Sus impactos en operación se enfocan en malestar a la comunidad por ruido, cercanía a campos electromagnéticos e impacto en el paisaje.
  - La construcción de una hidroeléctrica grande tiene impactos severos en todas sus etapas. Se trata de la modificación, casi total, de un ecosistema. Durante la operación, el

<sup>10</sup>Las ocasiones en que las subestaciones son de paso son pocas.

<sup>11</sup>Ver Figura 3-6



cambio drástico del ecosistema causa impactos en los ciclos naturales de la zona y sus alrededores. Para el caso de las grandes hidroeléctricas se requiere un Plan de Manejo Ambiental muy bien diseñado y controlado. Las pequeñas hidroeléctricas no causan impactos negativos relevantes pues no alteran los cauces de los ríos ni modifican la zona.

- Para proyectos de energías renovables (eólico y solar) los impactos son variados. En el caso eólico, durante la construcción se requiere llevar y construir grandes estructuras, con todo lo que eso conlleva. En la operación, el ruido generado por el movimiento de estructuras tan grandes y la modificación del paisaje son impactos constantes, sin posibilidad de mitigación. Se trabaja en mecanismos para evitar accidentes con animales. En el caso de la energía solar, la modificación al paisaje es grande. Así mismo, la disposición final de los elementos usados (baterías especialmente) debe tener ciertas precauciones para no convertirse en un impacto ambiental.

De las lecturas y análisis realizados durante el trabajo, se tienen las siguientes consideraciones técnicas específicas:

- Para el caso de las grandes hidroeléctricas y de las líneas de transmisión es muy importante el componente espacial. Una metodología que tenga análisis de tipo gráfico (como las metodologías de sistemas cartográficos) es la ideal para mostrar la intensidad (magnitud) y extensión de los impactos. Para los otros impactos, se requiere una metodología que evalúe la calidad ambiental, con y sin proyecto, de los factores identificados.
- Ante la variedad de la naturaleza de los impactos de una central hidroeléctrica, el Plan de Manejo Ambiental y sus medidas de protección, corrección, mantenimiento, recuperación, compensación y estabilización, debe diseñarse con especial atención y objetividad.
- La evaluación de una central termoeléctrica se realiza efectivamente teniendo en cuenta la calidad ambiental de los factores identificados. En este caso existe una gran cantidad de información en estudios internacionales sobre los efectos en determinados parámetros (especialmente en el componente de aire) debidos a la operación de una central térmica. Se requiere entonces una metodología que realice una evaluación eficiente de las condiciones de calidad ambiental antes del proyecto y con la central operando. Finalmente, la definición de medidas de corrección/mitigación de los impactos esperados, que en el caso de una central térmica tienen un nivel alto de probabilidad, es esencial.
- Para el caso de los parques eólicos, sus impactos son variados entre si. Aunque en Colombia no se espera una masificación de parques eólicos, se requiere una metodología que evalúe de forma eficiente los impactos de diversos tipos de actividades de proyecto en distintos tipos de factores ambientales.
- En Colombia, no se espera un desarrollo cercano ni masivo de generación fotovoltaica. No obstante, para este tipo de proyecto, una metodología óptima debe tener una integración fuerte con el Plan de Manejo Ambiental, debido al manejo de los desechos de operación, especialmente las baterías.
- En Colombia no existen planes de generación nuclear. De hecho, a nivel mundial se está planeando el cierre de varias centrales nucleares debido a la dificultad de manejar situaciones de emergencia. En caso de requerirse, la metodología debe tener una correlación fuerte con la el Plan de Manejo Ambiental.

### 5.4.3. Selección de metodología base

Para seleccionar una metodología como base, se realiza un análisis de acuerdo con los siguientes criterios propuestos: antecedentes (Sec. 5.2), diagnóstico (Sec. 5.3), consideraciones legales (Capítulo 2 y Sec. 5.4.1), consideraciones técnicas basadas en el estudio del sistema de potencia y sus impactos típicos (Sec. 5.4.2) y finalmente, estudio de las metodologías disponibles para realizar la EIA (Sec. 1.3).

#### Antecedentes

En los antecedentes hay dos metodologías que sobresalen. Los EsIA de proyectos eléctricos han sido realizados en su mayoría con la Metodología EPM. En segundo lugar se emplea la Metodología Cualitativa de Conesa. Para EsIA de otros sectores estas metodologías también sobresalen. Respecto a la Metodología EPM, una ventaja es que fue diseñada para proyectos del sector eléctrico (aunque se ha aplicado para todo tipo de proyectos). Por otra parte, la Metodología Cualitativa es la más usada para los EsIA de varios sectores en Colombia (con algunas modificaciones) y es la segunda más usada en el sector eléctrico. Martínez y Toro se basan en esta metodología para sus desarrollos, argumentando que: ha sido utilizada en otras investigaciones, es de fácil uso, tiene experiencia en Colombia y otros países, calcular indicadores importantes fácilmente [137] [184].

#### Diagnóstico

Emplear una metodología estándar puede mejorar notablemente el desarrollo de todo el sistema EIA. Es más fácil que el personal se especialice en realizar, evaluar y seguir un sólo tipo de metodología, mejorando el desarrollo de todo el proceso del EsIA. Así mismo, se ratifica la importancia de contar con una metodología integral, que tenga en cuenta todos los componentes del EsIA de manera articulada.

#### Legislación

La legislación nacional no obliga a emplear una metodología específica. No obstante,

“la metodología utilizada debe facilitar un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario, y la evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre las relaciones causales. Los criterios a considerar para la evaluación cuantitativa y cualitativa pueden ser entre otros, carácter, cobertura, magnitud, duración, resiliencia, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, tendencia, tipo y posibilidad de ocurrencia. Para valorar y jerarquizar los impactos, se debe tomar como referencia los límites permisibles de los contaminantes definidos en la legislación ambiental y el riesgo de la construcción y operación el proyecto sobre los diferentes medios”[52]

Lo anterior tiene una correlación grande hacia la Metodología Cualitativa de Conesa, la cual es cualitativa y cuantitativa, tiene casi todos los criterios sugeridos, es integrada (relación directa con las medidas de corrección-PMA), sistemática (metodología clara y fácil), multidisciplinaria, entre otros. Así mismo, tiene en cuenta el análisis en términos de calidad ambiental, dando espacio al uso de los límites establecidos.

Por otra parte, los términos de referencia mencionan una metodología cualitativa y cuantitativa, con baja subjetividad, participación interdisciplinar y que determine la vulnerabilidad, sensibilidad y criticidad. En este caso la Metodología Cualitativa de Conesa cumple con la mayoría. Para algunos requerimientos específicos se hacen necesarios mapas y representaciones geográficas.

En otros países estudiados, el sistema de EIA es similar en el sentido de requerir un EsIA para obtener una licencia ambiental y así realizar un proyecto (presentación de acuerdo a sus características). A nivel internacional, en los países estudiados en la Sección 2.3, no se encuentran casos donde sea obligatorio usar una metodología especial.

### Consideraciones técnicas

Para el caso de los impactos propios de los proyectos del sector eléctrico, se determina que se requiere una metodología flexible; es decir, que funcione bien para cualquiera de las etapas del proyecto, así como para la valoración de los diferentes tipos de impactos. Se tienen en cuenta las consideraciones de la Sección 5.4.2. A partir de estas, se determina que una metodología óptima para proyectos de infraestructura del sector eléctrico se basa en la evaluación de la calidad ambiental con y sin proyecto, con posibilidad de analizar más a fondo algunos puntos clave, y con una correlación fuerte con el Plan de Manejo Ambiental.

### Selección metodología

De acuerdo con los criterios anteriores y al estudio de metodologías para la EIA en la Sección 1.3, la metodología que mejor cumple con los distintos tipos de requerimientos de tipo técnico y legislativo, es la Metodología Cualitativa. La Metodología Cualitativa tiene un procedimiento bien definido, en el que incluye todas las funciones requeridas: identificar, predecir, interpretar-valorar, prevenir o corregir y comunicar[59]. Comparándolo con los requerimientos legales del contenido de un EsIA en Colombia, el desarrollo **completo** de la Metodología Cualitativa es el insumo de la mayoría de sus componentes. La Tabla 5-5 presenta una analogía de los componentes de un EsIA en Colombia y los de la Metodología Cualitativa.

Se analizaron otras metodologías para ser seleccionadas como base, específicamente la de EPM y los Sistemas Cartográficos:

- La Metodología EPM es en esencia una metodología cualitativa-cuantitativa: se determina la Calificación ambiental,  $Ca$ , a partir de una escala de valoraciones cualitativas de distintos criterios, para obtener un valor numérico. Respecto a los criterios<sup>12</sup>, se observa que tienen una estrecha relación con los establecidos en la Metodología Cualitativa: la clase ( $C$ ) es análoga al signo; la Presencia ( $P$ ) es la posibilidad de ocurrencia, la evolución ( $E$ ) es análoga al Momento, y finalmente, la Magnitud ( $M$ ) es análoga a la Intensidad. A pesar que es una metodología diseñada en el país y para el sector eléctrico, se considera que la Metodología Cualitativa tiene un desarrollo más completo e integral (respecto al proceso de EIA). Los puntos que se consideren sobresalientes de la Metodología EPM se tendrán en cuenta para la propuesta de este trabajo.

---

<sup>12</sup>Ver Ecuación 1-5, página 32

**Tabla 5-5.:** Analogía de los componentes EsIA (Colombia) y Metodología Cualitativa

| <b>EsIA Colombia</b>   | <b>Metodología Cualitativa</b>                      |
|--|---|
| 1. Información del proyecto  | 1. Análisis del proyecto                            |
| Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA)                                | 2. Estudio de posibles alternativas                 |
| 2. Caracterización del área de influencia del proyecto                     | 3. Definición del entorno del proyecto              |
| 3. Demanda de recursos naturales   |   |
|  | 4. Previsiones de los efectos                       |
|  | 5. Identificación de las acciones                   |
| 4. Evaluación de impactos ambientales y análisis de riesgos                | 6. Identificación de los factores del medio         |
|  | 7. Valoración cualitativa del impacto               |
|  | 8. Predicción de la magnitud                        |
|  | 9. Valoración Cuantitativa                          |
| 5. Zonificación de manejo ambiental  | -   |
| 6. Evaluación económica de los impactos positivos y negativos del proyecto | -   |
| 7. Plan de manejo ambiental del proyecto                                   | 10. Definición de las medidas correctoras           |
| 4. Evaluación de impactos ambientales y análisis de riesgos                | 11. Cálculo del impacto final                       |
| 8. Programa de seguimiento y monitoreo                                     | 12. Definición del programa de vigilancia ambiental |
| 9. Plan de contingencias   | -   |
| 10. Plan de desmantelamiento y abandono                                    | -   |
| 11. Plan de inversión del 1 %  | -   |

Fuente: Elaboración propia

- Los Sistemas Cartográficos son óptimos para análisis de tipo espacial (hidroeléctricas y líneas de transmisión); sin embargo, su alcance es limitado para todos los requerimientos y consideraciones establecidos. Será útil para algunos puntos específicos, como la definición del área de influencia, la visualización de algunos impacto, la comparación de alternativas, entre otros.

# 6. Propuesta Metodología EIA para infraestructura eléctrica

## 6.1. Introducción

En Colombia, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es la principal herramienta para tomar decisiones sobre proyectos o actividades susceptibles de generar impactos ambientales. No obstante, la legislación no especifica la metodología a usar para realizar una EIA; se limita a sugerir algunas características que debe tener (ver Sección 2.2.7). Esto genera una gran cantidad de metodologías y variantes, disminuyendo la calidad del proceso. Como se vio en los antecedentes (sección 5.2), para el caso Colombiano, Toro[183] realizó una evaluación del sistema de EIA con el modelo de Wood<sup>1</sup>, obteniendo resultados deficientes. Gil[92], realizó una caracterización de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) del sector eléctrico en Colombia, del cual se puede observar que no hay homogeneidad en el desarrollo de la EIA para el sector. Finalmente, Martínez[137] desarrolló una propuesta metodológica para la EIA en Colombia, a partir de una caracterización de las metodologías más usadas en Colombia y una revisión conceptual de los criterios de la metodología Cualitativa.

El objetivo de este trabajo es generar una propuesta metodológica para el desarrollo de la EIA para la infraestructura eléctrica; a partir de un marco teórico, una definición de las mejores prácticas en términos de legislación y el análisis de los impactos propios del sector eléctrico. Para ello, se proponen ajustes a la metodología Cualitativa<sup>2</sup> basado en el análisis integral de todo los aspectos tenidos en cuenta.

A continuación se presenta un análisis para seleccionar los criterios a usar en la determinación de la Importancia de los impactos bajo la metodología Cualitativa. Para esto se comparan las definiciones de varios autores sobre el mismo concepto. A partir de estas se realiza una definición propia y se presenta gráficamente el concepto. Luego se realiza una alineación con los criterios sugeridos por la legislación colombiana. Así mismo, se analizan los criterios de acuerdo con los impactos ambientales de proyectos de infraestructura eléctrica identificados, esto para enfocar la metodología hacia la infraestructura eléctrica. Finalmente, se seleccionan los criterios a usar, y se presenta la propuesta metodológica. Por último, se realiza una aplicación de prueba de la metodología usando dos proyectos existentes. Se comparan los resultados de la etapa cualitativa con la metodología original y la propuesta, identificando los beneficios y ventajas de la propuesta de este trabajo.

---

<sup>1</sup>Para más información del modelo de evaluación de la EIA de Wood, ver página 71.

<sup>2</sup>Los criterios para la selección se describen en la sección 5.4

## 6.2. Análisis de los criterios para determinar la Importancia del impacto

En esta sección se realiza un análisis de los criterios que emplea la Metodología Cualitativa para determinar la Importancia de un impacto ambiental. Por otra parte, esta metodología se basa en los requerimientos legales de España, por lo cual se realiza una alineación con la legislación colombiana.

La propuesta de este trabajo es una modificación de la Metodología Cualitativa (sección 1.3.5, [59]) en su etapa de valoración cualitativa. En esta se determina la Importancia del impacto ( $I_{ij}$ ) ambiental generado por una Actividad ( $A_j$ ) sobre un Factor ambiental ( $F_i$ ). La ecuación original es:

$$I = \pm[3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (6-1)$$

De acuerdo a los antecedentes (especialmente la propuesta de Martínez[137]) y al análisis realizado en el desarrollo del trabajo, se estudia el concepto de cada uno de los criterios de la valoración cualitativa. Se realiza una búsqueda de definiciones y conceptos para cada criterio, a partir de libros, guías, reportes y artículos, para establecer su pertinencia y así mismo, construir una definición acorde con los objetivos de este trabajo.

A continuación se presentan algunos conceptos de cada criterio usado en la ecuación 6-1, para construir la definición y alcance de cada uno en el marco de la propuesta metodológica.

### 6.2.1. Signo $\pm$

Para Conesa[59], Gómez[98], Biswas y Agarwal [22], el signo o naturaleza del impacto hace referencia al carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones sobre los distintos factores ambientales. Si el impacto causa un aumento de la calidad ambiental de un factor, es positivo; por otro lado, si el impacto disminuye la calidad ambiental de un factor, es negativo[137]. En la Figura 6-1 se encuentra una representación gráfica del concepto de signo.

Sin embargo, Modak y Biswas[142] comentan que desafortunadamente no es tan simple. Según Eccleston[69], no es raro que un impacto ambiental tenga las dos características: beneficioso o adverso. Esto se puede ver con la perspectiva de Gómez[98], es decir que es una consideración de la comunidad técnico-científica y de la población. Por ejemplo, con la introducción de turismo en un hidroeléctrica significa un desarrollo económico para algunos, pero también significa adecuar una instalación industrial al público en general, con todos los impactos negativos que eso acarrea.

Se considera que la finalidad principal de una EIA es la identificación y valoración de los impactos *negativos* de un proyecto sobre el ambiente que lo rodea. Por lo tanto, para simplificar y enfocar el proceso de EIA se podrían tener en cuenta solamente los impactos negativos, los cuales son los que requieren de medidas de corrección. La revisión de varios EsIAs resulta en que los impactos positivos son un pequeño porcentaje del total de impactos identificados. En Colombia se deben identificar también los impactos positivos debido a que se requiere una evaluación económica (tipo beneficio-costos).

La definición de Signo  $\pm$ , para esta propuesta metodológica es:

Los impactos son positivos si incrementan la calidad ambiental de un factor. Los impactos son negativos si dan lugar a pérdida de la calidad ambiental del factor.

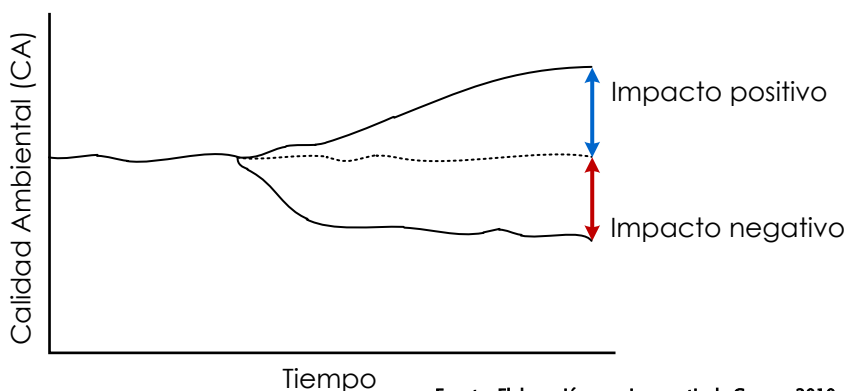


Figura 6-1.: Representación de Signo

### 6.2.2. Intensidad $IN$

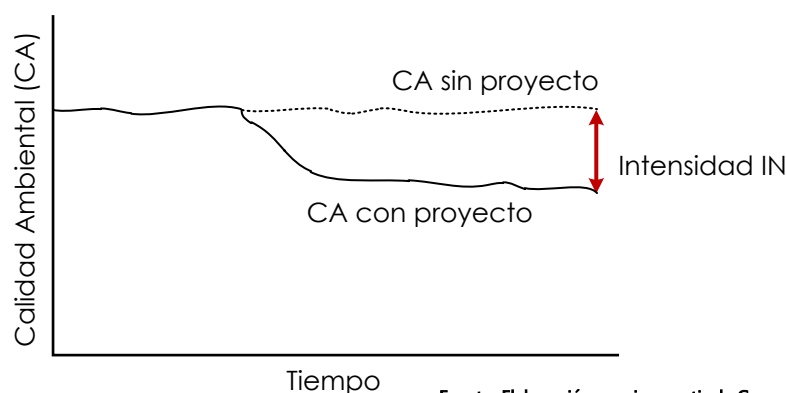
Para Conesa[59], la intensidad se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, teniendo una incidencia alta al modificar el ambiente o sus procesos naturales de funcionamiento. Para Eccleston [69], la intensidad expresa el grado de afectación del factor considerado. Para Thompson[179], la intensidad esta relacionada con la gravedad del impacto. Para Rossouw[166], la intensidad o severidad del impacto es lo mismo, en términos de perturbación al ambiente. Por otra parte, Lawrence[124] y Tickner[181] usan la magnitud y la intensidad como el mismo concepto. Leopold[194] usa la magnitud en el sentido de indicar el grado, extensión o escala del impacto. Modak y Biswas[142] definen la magnitud como la severidad probable de cada impacto potencial. Para Arboleda (metodología EPM, [10]) es la dimensión o tamaño del cambio ambiental.

Eccleston [69] establece la magnitud como una medida (es decir cuantificable) para describir el impacto. Para el Royal Town Planning Institute[178] y Morris[145], la magnitud es una medida de la escala de cambio probable con respecto a la línea base. Para la UNEP[190], típicamente, la magnitud del impacto se expresa en términos de severidad relativa. En la Figura 6-2 se encuentra una representación gráfica del concepto de intensidad.

Estimar la intensidad/magnitud del impacto es de primera importancia [190]. En la Metodología Cualitativa, la intensidad es la variable que más pesa en la importancia del impacto, con un valor máximo del 36 % [137].

La definición de Intensidad  $IN$  para esta propuesta metodológica es:

El grado de destrucción del factor ambiental en términos de modificaciones y daños a sus procesos naturales asociados.



**Figura 6-2.:** Representación de Intensidad  $IN$



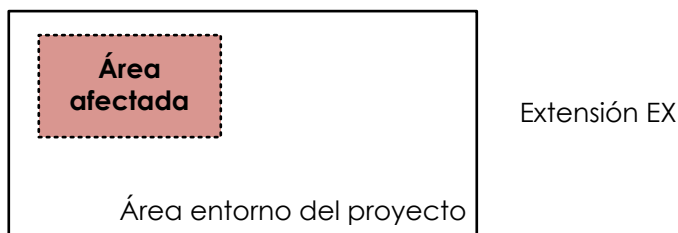
### 6.2.3. Extensión *Ex*

Según Conesa[59], es el área de influencia del impacto en relación con el entorno<sup>3</sup> afectado del proyecto. Se refiere a un porcentaje del indicador utilizado en la definición del entorno (longitud, área, volumen). Para el Royal Town Planning Institute[178], la extensión es una medida del área física afectada potencialmente. Para Rossouw[166] y Morris[145], la extensión es una descripción de los límites de afectación del impacto: local, regional, nacional o internacional. Para la UNEP[190], la extensión es la zona de influencia del impacto. En la Figura 6-3 se encuentra una representación gráfica del concepto de extensión.

En algunos casos, el área influenciada puede ser bastante mayor que el sitio específico del proyecto[178]. Es por ello que se requiere una definición objetiva del entorno del proyecto, para no sobre dimensionar (y restar extensión a los impactos), ni para sub-dimensionar (y maximizar injustificadamente la extensión del impacto). La definición del área de influencia no es una tarea fácil. Conesa, en su guía metodológica[59], define algunos puntos para tener en cuenta. Para el caso de la EIA, la definición del área de influencia se hace respecto de los factores ambientales identificados: dependiendo de cada tipo de proyecto, se identifican de manera preliminar los factores ambientales a tener en cuenta, los cuales tienen asociada una extensión.

La definición de Extensión *Ex* para esta propuesta metodológica es:

La cobertura (porcentaje del área) del impacto con respecto al área/entorno de influencia del proyecto (definido en la línea base)



Fuente: Elaboración propia a partir de Conesa 2010

**Figura 6-3.:** Representación de Extensión *Ex*

### 6.2.4. Momento *Mo*

Según Conesa[59] y Morris[145], es el tiempo entre el inicio de acción y el comienzo del impacto. Para Gómez[98], es el plazo en el que se produce en impacto: corto, medio o largo. Para la UNEP[190], los impactos ocurren en cualquier etapa del proyecto, por lo tanto se debe tener en cuenta en el EsIA cuándo aparecen los impactos. En la Figura 6-4 se encuentra una representación gráfica del concepto de momento.

Modak y Biswas[142] definen que el *momento* es importante para el proceso de la EIA. Es decir, que si todo se hace en los tiempos adecuados el proceso será óptimo. De la misma forma, Lawrence[124]

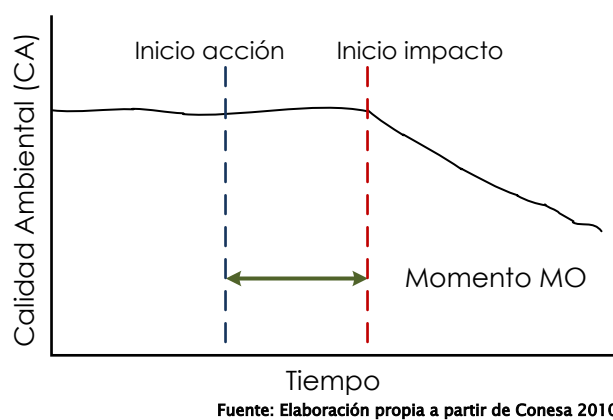
<sup>3</sup>La definición y delimitación del entorno del proyecto se realiza previamente en el Estudio de Impacto Ambiental

es enfático en los requisitos de tiempo para el proceso de la EIA, como medio para lograr resultados adecuados. Para Eccleston [69], cuando sea posible, el análisis debe incluir cuando el impacto inicia y termina.

Este criterio puede tener alguna correlación con la Probabilidad de Ocurrencia: para un impacto que se presente de manera inmediata, se tiene casi total certeza de aparición; para el caso de un impacto que se espera en un futuro, no siempre se tiene certeza de su aparición.

La definición de Momento  $Mo$  para esta propuesta metodológica es:

Tiempo entre el inicio de la acción y el inicio del impacto, en términos de corto, mediano y largo plazo.



**Figura 6-4.:** Representación de Momento  $Mo$

### 6.2.5. Reversibilidad $RV$

Según Conesa[59], es la posibilidad de reconstrucción del factor por *medios naturales*. El impacto reversible puede ser asimilado por los procesos naturales[59]. En la Figura 6-5 se encuentra una representación gráfica del concepto de reversibilidad.

Modak y Biswas[142] establecen que un impacto se debe clasificar en reversible o irreversible para así determinar las medidas de mitigación. Así mismo, se preguntan en el caso de un impacto reversible, hasta qué punto lo es. La reversibilidad tiene una atención especial en términos de ser una señal de perder opciones futuras con respecto al factor. Por otra parte, definen la estabilidad como la habilidad del sistema para retornar a un estado de equilibrio después de una perturbación temporal (impacto), cuantificada en términos de tiempo de retorno.

Tickner[181] asocia la reversibilidad con la facilidad de arreglar lo que se dañó anteriormente. En el contexto establecido por Conesa, cuando se emplean medidas de corrección, se hace referencia a la Recuperabilidad.

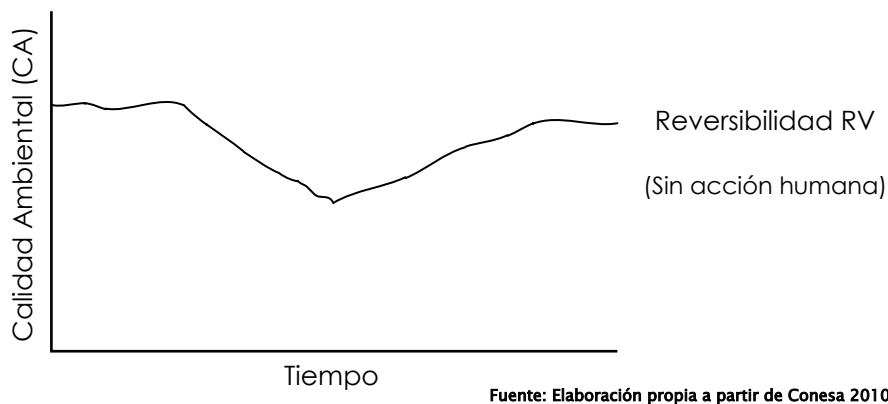
En Colombia, un criterio sugerido por la autoridad ambiental para la valoración cualitativa es la resiliencia[52]. Según Sugden[175], es la resistencia de un ecosistema a la perturbación, estableciendo hasta cuanto se puede recuperar. Modak y Biswas[142] definen la resiliencia como la habilidad de un sistema para mantener su estructura y función. Lawrence[124] asocia la resiliencia como la persistencia de las relaciones en un sistema con presiones externas inesperadas. Por lo tanto, la resiliencia y la reversibilidad podrían ser análogas.

Finalmente, Conesa califica la reversibilidad en términos de tiempo, estableciendo el plazo para volver a las condiciones iniciales sin intervención humana. Se propone cambiar la escala de valoración, para no determinarla como una variable de tiempo.

La definición de Reversibilidad  $RV$  para esta propuesta metodológica es:

La probabilidad de reconstrucción del factor por medios naturales.

La propuesta de valoración, en términos de probabilidad de reconstrucción,  $p_{RV}$ , es: 1. Reversible ( $p_{RV} \geq 0,8$ ), 3. Retorno a nivel medio, ( $0,4 \leq p_{RV} < 0,8$ ); 4. Irreversible ( $0,4 < p_{RV} < 0,8$ ).



**Figura 6-5.:** Representación de Reversibilidad RV

### 6.2.6. Recuperabilidad $MC$

Según Conesa[59], es la posibilidad de reconstrucción del factor por *medios de intervención humana*. Se establece una valoración temporal, de acuerdo al tiempo supuesto para volver al estado inicial. Para Rossouw[166], es el potencial de mitigar impactos negativos a niveles de insignificancia. Para Lee y George[125], la recuperabilidad es el conjunto de alternativas de mitigación: evitar, reemplazar, reducir, restaurar y compensar. Modak y Biswas[142] se refieren a la mitigabilidad y se preguntan si hay soluciones o tecnologías disponibles para el problema. Para Morris[145], es qué tan rápido o demorado el factor receptor se devuelve a su estado pre-impacto. En la Figura 6-6 se encuentra una representación gráfica del concepto de recuperabilidad.

Este criterio se considera como un indicador de la eficiencia de las medidas correctoras[137]. Si un impacto es irrecuperable (no hay medidas que puedan prevenir, mitigar, corregir o compensar), sería una alarma para determinar que la acción necesita cambiarse y usar un alternativa. Debido a la

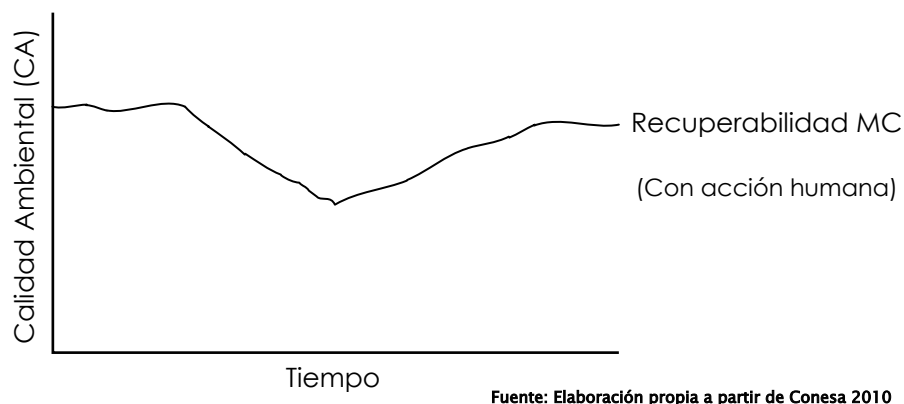
relación con las medidas de corrección, se propone cambiar la valoración de una escala temporal a una de posibilidad.

Se evalúa la opción de aumentar su ponderación relativa (actualmente factor de multiplicación 1) debido a que es un criterio que integran la definición del Plan de Manejo Ambiental, y así mismo, le quita presión al proyecto en términos de impactos que pueden ser intensos pero que se pueden mitigar adecuadamente.

La definición de Recuperabilidad  $MC$  para esta propuesta metodológica es:

La probabilidad de reconstrucción del factor mediante la implementación de medidas de mitigación y corrección.

La propuesta de valoración, en términos de probabilidad de reconstrucción  $p_{MC}$ , es: 1. Recuperable ( $p_{MC} > 0,8$ ), 6. Retorno a nivel medio, ( $0,4 < p_{MC} < 0,8$ ); 8. Irrecuperable ( $0,4 < p_{MC} < 0,8$ ).



**Figura 6-6.:** Representación de Recuperabilidad MC

### 6.2.7. Sinergia $SI$

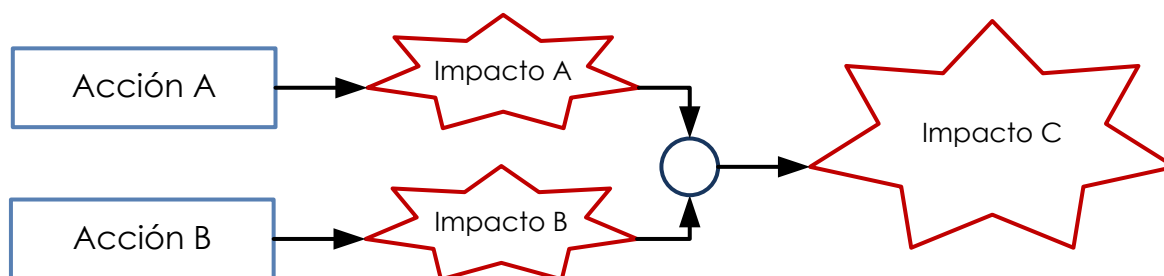
Conesa[59] usa la definición de la RAE[162] para la sinergia: Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Se toma como el *reforzamiento* de dos o más impactos simples. De acuerdo a un estudio de Warnback y Hilding-Rydevik [204], la sinergia es una forma de impactos acumulativos, es decir, cuando se da que *uno más uno es mayor que dos*. Para Modak y Biswas[142] es la probabilidad de extensión del daño causado por la acción conjunta de un impacto con otros. Para Lawrence[124] la sinergia es un todo mayor que la suma de sus partes. Además que hay que reconocer que efectos insignificantes individualmente pueden acumularse y ser significativo. Para Walker y Johnston[201], la sinergia es un tipo de interacción y relación entre dos impactos diferentes, generando uno nuevo. Para la UNEP[190], es el impacto acumulado de una acción cuando se combina con impactos y acciones de otros proyectos recientes. Para Lee y George[125], un impacto sinérgico puede ocurrir cuando diferentes contaminantes u otros impactos interactúan entre ellos, químicamente o de otras formas, y producen otros impactos. En la Figura 6-7 se encuentra una representación gráfica del concepto de sinergia.

En el trabajo de Martínez[137] se concluye que la mayoría de las modificaciones a la Metodología Cualitativa se elimina<sup>4</sup>. No obstante, en la operación del sistema de potencia, es importante tener claro que las acciones y sus impactos no son aislados. Además como establece Lawrence, no se puede obviar algo por pequeño si en conjunto con otras cosas sea significativo.

Martínez[137] “advierte que en la práctica de la EIA, puede resultar complejo el proceso de determinación del potencial sinérgico de un impacto”. Para realizar una valoración óptima de este criterio, se requiere disponer de datos e información de los impactos y sus interrelaciones. Esto se puede apoyar de diagramas de redes, para establecer las relaciones entre impactos, así como sus consecuencias.

La definición de Sinergia *SI* para esta propuesta metodológica es:

Dos impactos son sinérgicos si cuando se evalúan conjuntamente, el resultado es mayor a la suma de la evaluación individual:  $f(x_1 + x_2) > f(x_1) + f(x_2)$



Fuente: Elaboración propia a partir de Walker y Johnston 1999

**Figura 6-7.:** Representación de Sinergia SI

### 6.2.8. Acumulación *AC*

Para Conesa[59], es el incremento progresivo de la manifestación del impacto, cuando persiste la acción que lo genera. Lawrence[124] anota que la acumulación de un efecto puede no recibir la atención suficiente, causando más problemas a medida que pasa el tiempo. Para Eccleston[69], Lee y George[125], la acumulación se refiere a la adición de impactos anteriores, teniendo en cuenta sus fuentes de generación. En la Figura 6-8 se encuentra una representación gráfica del concepto de Acumulación.

Las definiciones de un impacto acumulativo (en inglés *cumulative*) están alrededor de un impacto que se sobrepone a uno anterior, empeorando la situación. Por lo tanto, se puede crear una confusión con el objetivo del concepto de sinergia. Estos se diferencian pues la acumulación tiene en cuenta un impacto particular y no un grupo. Además, la sinergia puede generar un impacto mayor o menor que la acumulación, mientras la acumulación tiene una tendencia a aumentar el impacto.

Conesa[59] especifica que la acción debe persistir para que se de incremento. Sin embargo, se considera que se puede dar el caso de un impacto que se incremente (acumule) a pesar que su acción

<sup>4</sup>Ver página 154

generadora ya haya terminado. Esta parte hay que tenerla presente para la valoración de los impactos de la fase de construcción, debido a que seguramente las acciones terminarán, y no necesariamente así, sus impactos asociados. Por otra parte, este criterio es especialmente importante a la hora de establecer medidas de mitigación.

La definición de Acumulación *AC* para esta propuesta metodológica es:

El incremento progresivo de la manifestación o intensidad de un impacto.



Fuente: Elaboración propia a partir de Walker y Johnston 1999

**Figura 6-8.:** Representación de Acumulación AC

### 6.2.9. Efecto *EF*

Para Conesa[59], es la relación causa-efecto. En la literatura se encuentra como la clasificación de impacto directo o indirecto. Para Walker y Johnston[201], los impactos indirectos son los que no son resultado directo del proyecto. Para Eccleston[69], un impacto indirecto se da tarde en el tiempo después del impacto directo o lejos en distancia, pero aún así se requiere evaluarlo. Eccleston además anota que para la NEPA existen tres tipos de impactos: directos, indirectos y acumulativos. Para la UNEP[190], los impactos indirectos o secundarios usualmente son menos intensos, ocurren tarde en el tiempo o lejos de la fuente de impacto. En la Figura 6-9 se encuentra una representación gráfica del concepto de efecto.

En Colombia, un criterio del Manual de Evaluación de EsIA (ver sección 2.2.8) es la discusión de las relaciones causales. Para realizar esto de forma óptima se recomienda en este trabajo usar diagramas de redes, presentando gráficamente la relación de consecuencia entre dos impactos. En la Figura 6-10 se encuentra un ejemplo de un diagrama de redes para la una actividad de vertimiento de aguas.

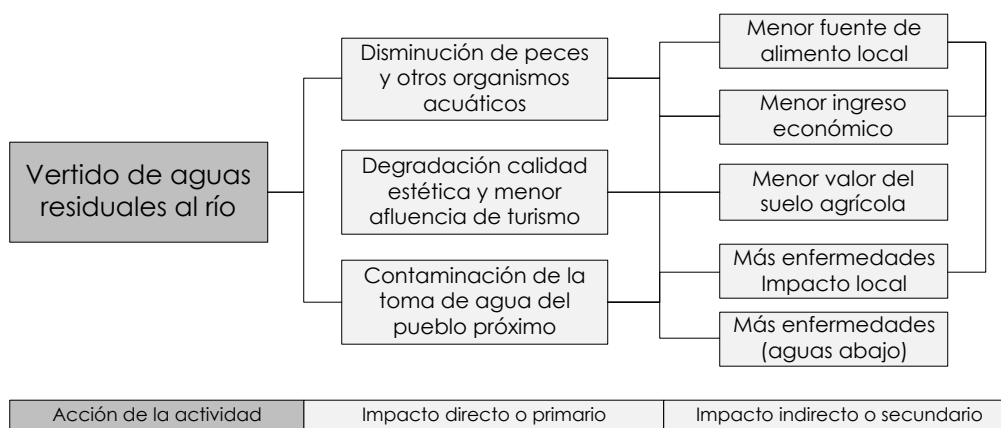
La definición de Efecto *EF* para esta propuesta metodológica es:

La relación causal entre acciones e impactos; es decir, la determinar si un impacto es directo/primario o indirecto/secundario.



Fuente: Elaboración propia a partir de Walker y Johnston 1999

Figura 6-9.: Representación de Efecto EF



Fuente: Conesa 2010

Figura 6-10.: Ejemplos Diagrama de redes de impactos

### 6.2.10. Persistencia $P_e$

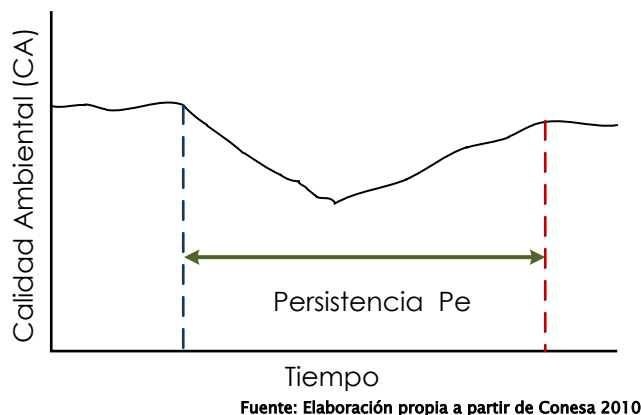
Para Conesa[59], es el tiempo supuesto de duración del impacto, desde su aparición, y hasta el cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales. Así mismo, Conesa establece que es independiente del estado de la acción generadora (activa o finalizada). Para Odum[148], la UNEP[190], Rossouw[166], Arboleda [10], y Modak y Biswas[142], la duración/persistencia se refiere al periodo de tiempo sobre el cual el impacto ocurre o esta activo, por ejemplo corto o largo plazo, o cuantitativo como un número de años. Eccleston[69] determina que el análisis de EIA debe indicar el tiempo en el cual podría permanecer. En la Figura 6-11 se encuentra una representación gráfica del concepto de persistencia.

En el análisis de la persistencia o duración se puede presentar una confusión o ambigüedad con otros dos criterios: Reversibilidad (RV) y Acumulación (AC). Con la RV se debería establecer una relación dinámica. Es decir, si un impacto se califica como irreversible, técnicamente, su persistencia (en términos de tiempo) sería infinita. Por otra parte, la Persistencia puede tener duplicidad con la Acumulación. Si para determinado impacto se determina como acumulativo, es obligatorio que sea persistente.

Finalmente, Conesa establece que el factor debe retornar a las condiciones iniciales. La persistencia sería infinita pues es imposible volver al estado antes de proyecto. Se debe establecer una franja aceptable de disminución de calidad ambiental.

La definición de Persistencia  $Pe$  para esta propuesta metodológica es:

Es el tiempo durante el cual el impacto ocurre o esta activo.



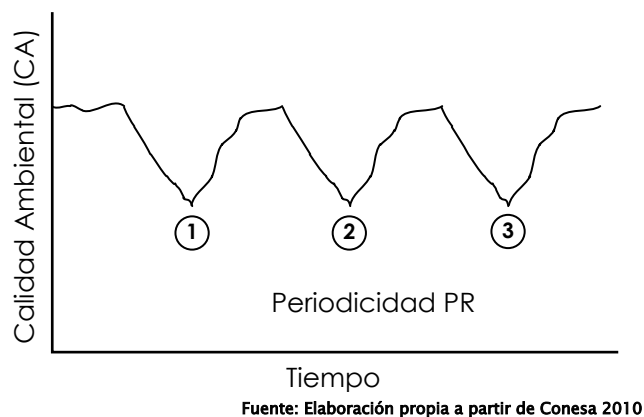
**Figura 6-11.:** Representación de Persistencia  $Pe$

### 6.2.11. Periodicidad $PR$

Para Conesa[59], se refiere a la regularidad de manifestación del impacto. Para Modak y Biswas[142] la periodicidad o frecuencia se refiere a si el impacto es intermitente o si se puede recuperar durante periodos de inactividad. Para Morris[145], la frecuencia es el número de veces que el impacto ocurre durante la persistencia del impacto. En otras ocasiones se usa una ventana de tiempo definida: frecuencia alta si ocurre a diario, media si ocurre cada mes, baja si ocurre cada año. Para Walker y Johnston[201] es simplemente que tan seguido ocurre. Para Lawrence[124], el riesgo es una combinación de la frecuencia (en el pasado) o probabilidad (en el futuro). En la Figura 6-12 se encuentra una representación gráfica del concepto de periodicidad.

La definición de Periodicidad  $PR$  para esta propuesta metodológica es:

La frecuencia del impacto en una ventana de tiempo fija.



**Figura 6-12.:** Representación de Periodicidad  $PR$



### 6.3. Alineación con criterios sugeridos por la legislación Colombiana

La legislación colombiana *sugiere* el uso de algunos criterios. En la Metodología de Presentación de EsIA se listan los siguientes: carácter, cobertura, magnitud, duración, resiliencia, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, tendencia, tipo y posibilidad de ocurrencia. En la Tabla 6-1 se realiza una analogía con los criterios originales de la Metodología Cualitativa. Se observa que existe un equivalente para cada uno, o en su defecto, alguno que sirva para cualificar el impacto en determinado aspecto.

**Tabla 6-1.:** Comparación criterios sugeridos en Colombia y Metodología Cualitativa

| M. Cualitativa  | Colombia                                  |
|-----------------|---|
| Signo           | Carácter                                  |
| Intensidad      | Magnitud <sup>5</sup>                     |
| Extensión       | Cobertura                                 |
| Momento         |   |
| Reversibilidad  | Reversibilidad<br>Resiliencia             |
| Recuperabilidad | Recuperabilidad                           |
| Sinergia        | Integración de impactos                   |
| Acumulación     | Tendencia                                 |
| Efecto          | Tipo                                      |
| Persistencia    | Duración                                  |
| Periodicidad    | Periodicidad<br>Posibilidad de ocurrencia |

Fuente: Elaboración propia

### 6.4. Análisis de criterios de impactos infraestructura eléctrica

En esta sección se analizan los criterios de la Metodología Cualitativa estudiados con un enfoque de acuerdo al tipo de infraestructura eléctrica. En las Tablas 6-2, 6-3, 6-4 y 6-5 se realiza un breve análisis de la relevancia de usar o no el criterio para la determinación de la Importancia del impacto ambiental. Se seleccionan los siguientes tipos de infraestructura eléctrica: centrales térmicas, hidroeléctricas y líneas de transmisión (incluidas sus subestaciones). Para los proyectos de distribución eléctrica, por sus características comunes, se puede hacer una analogía con la transmisión. De manera complementaria, se analiza el caso de los parques eólicos, que aunque no tienen una proyección de crecimiento cercana esperada, pueden ser importantes en la matriz energética de Colombia en un futuro. Para realizar el análisis enfocado, se usan los impactos identificados en el Capítulo 4.

<sup>5</sup>Modak y Biswas[142] definen la magnitud como la severidad probable de cada impacto potencial.

### 6.4.1. Análisis criterios de impactos centrales térmicas

En la Tabla 6-2 se encuentra una selección de los criterios a usar en la determinación de la Importancia del impacto para las centrales térmicas. Se tienen en cuenta impactos en operación y construcción.

**Tabla 6-2.:** Criterios para evaluar impactos de centrales térmicas

| C  | R | Centrales térmicas   |
|----|---|--|
| ±  | ✓ | Beneficios como generación de empleo y probablemente acceso a la energía eléctrica. Se requiere para la evaluación económica de los impactos (beneficio-costos). La mayoría de los impactos son perjudiciales.   |
| IN | ✓ | Es el criterio más importante[190]. La contaminación y afectación por la operación de la central térmica se puede determinar en términos de cambios de la calidad ambiental por factor estudiado.  |
| EX | ✓ | Aunque la instalación de la central no sea de gran extensión, la afectación del entorno es grande. Especialmente para la contaminación atmosférica, el viento transporta los elementos a varios kilómetros de la central.  |
| MO | ✗ | Para la operación de la central, los impactos aparecen casi de inmediato, o en su defecto, vienen desde la etapa de construcción. Hay ciertos impactos que son aleatorios, tales como derrames o incendios, los cuales no se podría estimar en términos de momento. No obstante, son necesarios para la definición del PMA.              |
| RV | ✓ | Mientras la central térmica este operando, es muy poco probable (se propone cambiar de tipo de calificación, a una escala de probabilidad) que los factores ambientales afectados regresen a condiciones anteriores. Algunos factores pueden coexistir con la operación de la central térmica pero con una calidad ambiental disminuida. |
| MC | ✓ | Existen soluciones que controlan los impactos ambientales de una central térmica. A un costo de producción mayor, las tecnologías tipo <i>Carbon Capture and Storage</i> , CCS, reducen notablemente las emisiones de gases y material particulado. Para otros impactos, existen programas de gestión para compensar las afectaciones.   |
| SI | ✓ | Los impactos se generan en las distintas etapas del ciclo termodinámico. La evaluación individual de los impactos podría subestimar la afectación que se ve desde fuera de la central térmica.   |
| AC | ✓ | Mientras la central térmica este en operación, la intensidad de sus principales impactos crecerá continuamente a la velocidad que el PMA lo permita.   |
| EF | ✓ | La contaminación y afectación de los factores termina por producir impactos derivados. Por ejemplo, la contaminación del agua puede afectar el río que reciba el agua residual.  |
| PE | ✗ | Mientras la central térmica este en operación, sus impactos persistirán.   |
| PR | ✗ | Aunque las centrales térmicas tienen etapas en el año de máxima producción, y por lo tanto máxima contaminación, no existen impactos que se deban analizar específicamente desde su frecuencia de ocurrimiento.  |

Fuente: Elaboración propia

### 6.4.2. Propuesta determinación del impacto centrales hidroeléctricas

En la Tabla 6-3 se encuentra una selección de los criterios a usar en la determinación de la Importancia del impacto para las centrales hidroeléctricas. Se tienen en cuenta impactos en operación y construcción.

**Tabla 6-3.**: Criterios para evaluar impactos de centrales hidroeléctricas

| C  | R | Centrales hidroeléctricas   |
|----|---|---|
| ±  | ✓ | Existen impactos positivos como turismo o riego controlado. Se requiere para la evaluación económica de los impactos (beneficio-costos). La mayoría de los impactos son perjudiciales.  |
| IN | ✓ | Es el criterio más importante[190]. Para una central hidroeléctrica grande, la intensidad de varios de sus impactos es una limitación para su construcción.   |
| EX | ✓ | El mayor impacto de una central hidroeléctrica es la inundación de un sitio para construir un embalse. Así mismo, para otros impactos se puede determinar un área de influencia particular.   |
| MO | ✗ | Los impactos de mayor magnitud de la generación hidroeléctrica se inician desde su etapa de construcción y se quedan en la etapa de operación. En cuanto a otros impactos que tienen probabilidad de ocurrencia baja, tales como sismicidad o enfermedades y vectores relacionados con agua, estos no se pueden calificar en términos de momento. No obstante, son necesarios para la definición del PMA. |
| RV | ✓ | Para una central hidroeléctrica grande, existe un cambio drástico en el ecosistema local, llevando la probabilidad (se propone cambiar de tipo de calificación, a una escala de probabilidad) de volver a un estado anterior de ciertos factores ambientales a cero. Por otra parte, desde la perspectiva de la resiliencia, el <i>ecosistema nuevo</i> llegará a un nuevo punto de equilibrio.           |
| MC | ✓ | En relación a los impactos negativos de las centrales hidroeléctricas, se requiere identificar muy bien las opciones que se tienen para mitigar la afectación.  |
| SI | ✓ | Para una central hidroeléctrica grande, el cambio de ecosistema altera los procesos e interacciones naturales. Las nuevas condiciones y sus respectivas interacciones se deben analizar.  |
| AC | ✓ | Un tiempo después del inicio de la operación, se puede decir que la magnitud de los impactos se estabiliza. Sin embargo, para otros impactos como la propagación de enfermedades o la emisión de gases, se incrementa con el tiempo.  |
| EF | ✓ | La alteración drástica del ecosistema y de sus procesos, inicia cambios en los ecosistemas adyacentes. Se requiere establecer la estructura de relación causa-efecto.   |
| PE | ✗ | Varios impactos aparecen desde la etapa de construcción y se mantienen durante la operación de la central hidroeléctrica.   |
| PR | ✗ | Para distintas etapas del año, debido a condiciones climáticas, las centrales hidroeléctricas tienen puntos de operación diferentes. No obstante, funcionan todos los días del año, minimizando la influencia de los impactos que pudieran clasificarse como periódicos.  |

Fuente: Elaboración propia

### 6.4.3. Propuesta determinación del impacto líneas de transmisión

En la Tabla 6-4 se encuentra una selección de los criterios a usar en la determinación de la Importancia del impacto para las líneas de transmisión. Se tienen en cuenta impactos en operación y construcción.

**Tabla 6-4.:** Criterios para evaluar impactos de líneas de transmisión

| <b>C</b>  | <b>R</b> | <b>Líneas de transmisión</b>  |
|-----------|----------|---|
| $\pm$     | ✓        | Los impactos ambientales positivos de una línea de transmisión son indirectos. Se requiere para la evaluación económica de los impactos (beneficio-costos).   |
| <i>IN</i> | ✓        | Es el criterio más importante[190]. La intensidad puede estimar el daño en los distintos factores de los distintos tipos de impactos que se presentan.  |
| <i>EX</i> | ✓        | Una línea de transmisión típica se extiende a lo largo de un corredor de cientos de kilómetros. El área de influencia tiene una forma diferente de acuerdo a cada impacto.  |
| <i>MO</i> | ✓        | De manera general, los impactos de una línea de transmisión aparecen una vez la acción inicia. Otros impactos específicos, tales como accidentes con avifauna, requieren un análisis de su tiempo de aparición, especialmente para la definición del PMA.   |
| <i>RV</i> | ✓        | Una vez pasada la etapa de construcción, el entorno de la línea de transmisión vuelve a mejorar sus condiciones ambientales en cierto grado. Sólo en fallas y en mantenimientos programados, se requiere realizar visitas a la infraestructura, pudiendo afectar de nuevo algunos factores.   |
| <i>MC</i> | ✓        | El PMA es fundamental para mitigar al máximo posible los impactos generados. Por otra parte, durante la operación se puede dar una integración con el ambiente local, de manera que la importancia de los impactos sea la mínima.   |
| <i>SI</i> | ✓        | Al revisar los impactos de las líneas de transmisión se puede pensar que son aislados y no interactúan entre sí. Sin embargo, especialmente en impactos como los campos electromagnéticos (de los cuales no se tiene certeza absoluta de su impacto en los seres vivos), se requieren analizar las sinergias y posibles impactos superpuestos.  |
| <i>AC</i> | ✗        | Un tiempo después del inicio de la operación, se puede decir que la magnitud de los impactos se estabiliza. La generación de campos electromagnéticos es proporcional a los cambios operativos, pero gracias a las distancias de seguridad, la exposición se encuentra en los límites aceptables.   |
| <i>EF</i> | ✓        | Los impactos que se presentan en la construcción y en la operación pueden generar impactos secundarios que se deben tener en cuenta. Algunos cambios como en el uso del suelo, requieren análisis de otros impactos secundarios.  |
| <i>PE</i> | ✗        | Es normal es que los impactos de la construcción se terminen una vez inicie la operación. Así mismo, mientras se esté en operación los impactos asociados se mantienen presentes, o en su defecto, o con probabilidad de ocurrir (accidentes con avifauna).   |
| <i>PR</i> | ✓        | La generación de campos electromagnéticos es proporcional al punto de operación, el cual cambia durante el transcurso del día. Es un impacto con frecuencia, pero debido a las distancias de seguridad se puede tomar como constante. Por otra parte, existen impactos con frecuencia como la afectación a la migración de aves o la afectación a la vegetación (servidumbre) y molestias con los mantenimientos. |

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.4. Propuesta determinación del impacto parques eólicos

En la Tabla 6-5 se encuentra una selección de los criterios a usar en la determinación de la Importancia del impacto para los parques eólicos. Se tienen en cuenta impactos en operación y construcción.

**Tabla 6-5.:** Criterios para evaluar impactos de parques eólicos

| C  | R | Parque eólico  |
|----|---|--|
| ±  | ✓ | Los impactos ambientales positivos de un parque eólico son indirectos. Se requiere para la evaluación económica de los impactos (beneficio-costos).  |
| IN | ✓ | Es el criterio más importante[190]. La intensidad puede estimar el daño en los distintos factores de los distintos tipos de impactos que se presentan.   |
| EX | ✓ | Los parques eólicos requieren un espacio entre estructuras y una altura mínima para capturar la máxima cantidad de energía eólica disponible. Cada impacto tiene una área de influencia diferente que requieren ser evaluado.  |
| MO | ✓ | Los impactos de un parque eólico difieren notablemente en sus etapas de construcción y operación. Se deben tener en cuenta los aspectos temporales de cada uno de estos impactos. En cuanto a otros impactos que son aleatorios, tales como accidentes con avifauna, se requieren tener en cuenta para la definición del PMA.                            |
| RV | ✓ | Una vez pasada la etapa de construcción, el entorno del parque eólico vuelve a mejorar sus condiciones ambientales en cierto grado. En la operación normal, incluso el suelo puede usarse en agricultura. Sólo en fallas y en mantenimientos programados, se requiere realizar visitas a la infraestructura, pudiendo afectar de nuevo algunos factores. |
| MC | ✓ | Durante la construcción, el PMA puede tener varios programas a implementar para mitigar al máximo posible los impactos generados. Por otra parte, durante la operación se puede dar una integración con el ambiente local, especialmente en el impacto al paisaje, de manera que la importancia de los impactos sea la mínima.                           |
| SI | ✓ | Al revisar los impactos de los parques eólicos se puede pensar que son aislados y no interactúan entre sí. Sin embargo, hay impactos como el cambio climático (en estudio) que se pueden atribuir a la sinergia de otros impactos. Es importante revisar los impactos secundarios.   |
| AC | ✓ | Los impactos asociados a los parques eólicos pueden tener una evolución distinta, por lo que es necesario determinar su acumulación.   |
| EF | ✓ | Los impactos que se presentan en la construcción y en la operación pueden generar impactos secundarios que se deben tener en cuenta.   |
| PE | ✗ | Es normal es que los impactos de la construcción se terminen una vez inicie la operación. Así mismo, mientras se esté en operación los impactos asociados se mantienen presentes, o en su defecto, o con probabilidad de ocurrir (accidentes con avifauna).  |
| PR | ✗ | El mayor impacto que se puede presentar con alguna frecuencia es la afectación a la migración de aves. Se requieren medidas de prevención bien diseñadas.  |

Fuente: Elaboración propia

## 6.5. Propuesta Metodología de EIA para infraestructura eléctrica

A partir de la Metodología Cualitativa, del estudio de sus criterios y de los impactos propios de la infraestructura eléctrica, se modifica la etapa de valoración cualitativa. La propuesta para la etapa de valoración cualitativa en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, para un proyecto del sector eléctrico es:

$$I = \pm[3IN + 2EX + 2MC + MO + RV + SI + AC + EF] \quad (6-2)$$

La Ecuación 6-2 surge de todos los análisis desarrollados en este trabajo. Después de seleccionar la Metodología Cualitativa para ser la base de la propuesta, se determina que es necesario revisar cada componente de la ecuación original de determinación de la Importancia de un impacto debido a una acción de un proyecto. En la Sección 6.2 se analizaron uno a uno los criterios, estableciendo una base conceptual. Se encontraron múltiples definiciones para un mismo concepto, no obstante, mantenían una idea similar de lo que se busca evaluar. A continuación, estos criterios se alinearon con las sugerencias de la legislación colombiana. Se determinó una relación uno a uno, estableciendo algunas equivalencias o similitudes. Finalmente, se revisaron todos los criterios con un enfoque de los impactos ambientales del sector eléctrico, identificados previamente en el Capítulo 4. En este análisis se encontró un patrón para algunos criterios: algunos deben estar presentes siempre, o, algunos no son relevantes en la mayoría de las ocasiones.

A pesar de tener un desarrollo individual a lo largo del trabajo para la infraestructura eléctrica, se determina que es más óptimo estandarizar el proceso a crear muchas variantes y ramificaciones, que finalmente terminarán en una disminución de la eficiencia del proceso a nivel global. Si bien todos los proyectos son diferentes, generan impactos diversos y se desarrollan en ambientes diferentes, el proceso de EIA debe ser integral y funcional a nivel de país, es decir, creando una fortaleza mas no una especialización desarticulada. Las particularidades de cada proyecto deben ser analizadas y revisadas por expertos objetivos, asegurando la rigurosidad y pertinencia de los resultados. Se define que se va a utilizar una sola ecuación de Importancia para cualquier tipo de infraestructura eléctrica.

En la Tabla 6-6 se encuentran los resultados de la selección de los criterios, a partir de todos los análisis anteriores. Estos son los componentes de la propuesta de metodología para determinar la Importancia del impacto.

Se revisa también el esquema de valoración original, el cual se encuentra en la Tabla 1-5. Se determinan los siguientes cambios:

- Se elimina el criterio de Persistencia (*PE*). Como se estableció en el análisis conceptual, se puede presentar una confusión o ambigüedad con otros dos criterios: Reversibilidad (*RV*) y Acumulación (*AC*). Con la *RV* se debería establecer una relación dinámica. Es decir, si un impacto se califica como irreversible, técnicamente, su persistencia (en términos de tiempo) sería infinita. Con respecto a la *AC*, si determinado impacto se determina como acumulativo, es obligatorio que sea persistente. La *PE* se estima más relevante para el diseño del Plan de Manejo Ambiental, el cual se define en etapas posteriores de la metodología Cualitativa.

- Se elimina el criterio de Periodicidad ( $Pr$ ). Cuando un impacto no es constante, no siempre es posible determinar su frecuencia (impacto avifauna, riesgo de incendios, sismicidad). Para un impacto que se espera en un tiempo determinado, se puede emplear el criterio de Momento. La  $Pr$  se estima más relevante para el diseño de medidas del Plan de Manejo Ambiental, el cual se define en etapas posteriores de la metodología Cualitativa.
- Los criterios de Recuperabilidad ( $MC$ ) y Reversibilidad ( $RV$ ) se cambian de escala. Originalmente tenían una calificación temporal, lo que no era compatible con su definición. Se establece una escala de probabilidad, es decir de 0 a 1.
- La ponderación relativa del criterio Recuperabilidad ( $MC$ ) se duplica. En el desarrollo del trabajo se deja claro que el objetivo de la EIA es minimizar el impacto ambiental de los proyectos de cualquier sector, mas no convertirse en un obstáculo para el desarrollo de estos proyectos. Se determina que el concepto de Recuperabilidad, es decir, mejorar la calidad ambiental de un factor ambiental mediante la acción del hombre, se convierte en un indicador de desarrollo sostenible. Se puede considerar que los impactos sean compatibles mientras se pueda devolver la calidad ambiental al factor, incluso mejorarla. Las etapas siguientes de la Metodología Cualitativa evalúan las medidas correctoras para determinar el impacto equivalente. Finalmente, al duplicar la ponderación de la  $MC$ , se mantiene el valor 100 como máximo para la Importancia del impacto.

En la Tabla 6-6 se presenta la explicación básica en la selección de criterios, de acuerdo con los análisis anteriores.

**Tabla 6-6.:** Selección criterios para propuesta metodológica

| C  | S/. | Explicación  |
|----|-----|--|
| ±  | ✓   | Se considera que el objetivo principal es la evaluación de los impactos negativo. Sin embargo, en Colombia se requiere una evaluación económica, tipo beneficio-costos, en la cual se tienen en cuenta los impactos beneficiosos y perjudiciales.  |
| IN | ✓   | Es el criterio más importante[190]. Se considera como el criterio más básico y por lo tanto se aumenta su ponderación relativa. Desde cierto punto de vista, es más importante la magnitud de destrucción de un factor ambiental, que sus impactos secundarios o manifestación en el tiempo.   |
| EX | ✓   | El área del impacto es un indicador muy importante. Se debe realizar una definición del entorno óptima, para no subestimar o sobre estimar la cobertura del impacto. Podría ser dinámica, es decir, cada impacto tiene un área de influencia diferente. Se debe acompañar de representaciones gráficas para soportar los resultados. |
| MO | ✓   | Es importante para tener los aspectos temporales de los impactos. Es claro que un impacto debe recibir más atención si se presenta de inmediato. Para uno que se presente en el largo plazo, no siempre se tiene certeza de su aparición, asemejándose a una probabilidad de ocurrencia.   |
| RV | ✓   | Se tiene en cuenta la resiliencia del factor ambiental como indicador. Se cambia la escala temporal de Conesa a una escala de probabilidad de reconstrucción $p_{RV}$ : 1. Reversible ( $p_{RV} > 0,8$ ), 3. Retorno a nivel medio, ( $0,4 < p_{RV} < 0,8$ ); 4. Irreversible ( $0,4 < p_{RV} < 0,8$ )                               |

Continúa en la página siguiente

Tabla 6-6 – continuación

| C  | S/ | Explicación   |
|----|----|---|
| MC | ✓  | Se puede pensar como un indicador de desarrollo sostenible: una acción de un proyecto puede generar un impacto perjudicial sobre un factor ambiental, pero, existen una probabilidad de reconstrucción utilizando medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación. Debido a esto se aumenta su ponderación relativa. La nueva escala de valoración, en términos de posibilidad de reconstrucción, $p_{MC}$ , es: 1. Recuperable ( $p_{MC} > 0,8$ ), 4. Retorno a nivel medio, ( $0,4 < p_{MC} < 0,8$ ); 8. Irrecuperable ( $0,4 < p_{MC} < 0,8$ ). |
| SI | ✓  | Este criterio se selecciona, a pesar que, en la mayoría de las modificaciones a la Metodología Cualitativa este se elimina <sup>6</sup> . Se considera que es importante realizar una valoración teniendo en cuenta las interacciones entre los impactos. Los procesos, tanto naturales como de operación, en la vida real no se pueden analizar aisladamente.  |
| AC | ✓  | Este criterio es importante para la proyección de la evolución de los impactos. Estimar la tendencia futura es necesario para no subestimar ni sobrestimar los impactos en el inicio de la acción que los genera.   |
| EF | ✓  | Como se anotó para la sinergia, los impactos no se pueden ver aisladamente. Esto significa también evaluar las consecuencias indirectas de las acciones y de los mismos impactos. La forma óptima de visualización son los diagramas de redes.  |
| PE | ✗  | Este criterio no se selecciona debido a que tiene más relevancia para la definición de las las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación. En algunos casos se observa que el impacto persiste mientras la infraestructura esté en operación, mientras que otros solo permanecen en la etapa de construcción. Se dan valores extremos muy altos que no se representan adecuadamente Finalmente, se estima que el objetivo de usarla se puede lograr mediante la valoración de otros criterios como RV y AC.                                   |
| PR | ✗  | Este criterio no se selecciona debido a que tiene más relevancia para la definición de las las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación. En algunos casos se observa que el impacto persiste mientras la infraestructura esté en operación; para los otros casos, la incertidumbre para determinarlo es elevada, lo que puede llevar a subestimar impactos  |

Fuente: Elaboración propia

Como resumen final, en la Tabla 6-7 se presenta el esquema de valoración final, incluyendo la ecuación para determinar la Importancia del impacto ( $I_{ij}$ ) ambiental generado por una Actividad ( $A_j$ ) sobre un Factor ambiental ( $F_i$ ) con enfoque en infraestructura del sector eléctrico.

<sup>6</sup>Ver página 154



**Tabla 6-7.:** Propuesta de valoración cualitativa EIA sector Eléctrico

|  |   |   |    |
|--|---|---|----|
| <b>SIGNO ±</b><br>(Carácter)                               |   | <b>INTENSIDAD (IN)</b><br>(Grado de destrucción)                          |    |
| Impacto beneficioso  | + | Baja o mínima   | 1  |
| Impacto perjudicial  | - | Media   | 2  |
|  |   | Alta  | 4  |
|  |   | Muy alta  | 8  |
|  |   | Total   | 12 |
| <b>EXTENSIÓN (EX)</b><br>(Área de influencia)              |   | <b>RECUPERABILIDAD (MC)</b><br>(Reconstrucción por medios humanos)        |    |
| Puntual, efecto localizado                                 | 1 | Recuperable ( $p_{MC} \geq 0,8$ )   | 1  |
| Parcial  | 2 | Retorno a nivel medio, ( $0,4 \leq p_{MC} < 0,8$ )                        | 6  |
| Amplio o extenso   | 4 | Irrecuperable   | 8  |
| Total  | 8 |   |    |
| <b>EFECTO (EF)</b><br>(Relación causa-efecto)              |   | <b>REVERSIBILIDAD (RV)</b><br>(Reconstrucción por medios naturales)       |    |
| Indirecto o secundario                                     | 1 | Reversible, $p_{RV} \geq 0,8$   | 1  |
| Directo o primario   | 4 | Retorno a nivel medio, $0,4 \leq p_{RV} < 0,8$                            | 3  |
|  |   | Irreversible $p_{RV} < 0,4$   | 4  |
| <b>SINERGIA (SI)</b><br>(Potenciación de la manifestación) |   | <b>ACUMULACIÓN (AC)</b><br>(Incremento progresivo)                        |    |
| Sin sinergismo o simple                                    | 1 | Simple  | 1  |
| Sinergismo moderado  | 2 | Acumulativo   | 4  |
| Muy sinérgico  | 4 |   |    |
| <b>MOMENTO (MO)</b><br>(Plazo de manifestación)            |   | <b>IMPORTANCIA (I)</b><br>(Grado de manifestación cualitativa del efecto) |    |
| Largo plazo, $t_m > 10yr$                                  | 1 | $I = \pm(3IN + 2EX + 2MC + RV + SI + AC + EF + MO)$                       |    |
| Medio plazo, $1 > t_m > 10yr$                              | 2 |   |    |
| Corto plazo, $t_m < 1yr$                                   | 3 |   |    |
| Inmediato  | 4 |   |    |
| Crítico  | 8 |   |    |

Fuente: Elaboración propia

## 6.6. Aplicación de prueba metodología propuesta

En esta sección se aplica la metodología propuesta en la sección 6.5 en proyectos de infraestructura del sector eléctrico. El objetivo es identificar las ventajas y beneficios de la propuesta mediante una comparación con una aplicación de la metodología cualitativa original (sin modificaciones). Se tiene en cuenta solamente la etapa de valoración cualitativa, debido a que es la única etapa de la metodología que tiene cambios. Para cada proyecto se tiene sólo en cuenta la etapa de evaluación de impactos ambientales de las actividades, utilizando la valoración original de los criterios en la ecuación propuesta para el cálculo de la Importancia del impacto, ecuación 6-2.

Para la selección de los proyectos, los criterios a tener en cuenta son:

- Uso de metodología cualitativa sin modificaciones, con valoración por criterio disponible
- Infraestructura sector eléctrico, para aplicar en un tipo de proyecto estudiado

En las secciones siguientes se utilizan 3 proyectos, realizando la aplicación de la metodología propuesta. A continuación se describe cada proyecto, presentando la identificación de impactos y su Importancia. Después, se encuentra un análisis de los resultados de las aplicaciones.

### 6.6.1. GECELCA3. Termoeléctrica

Se realizó una búsqueda de Estudios de Impacto Ambiental de proyectos que cumplieran con los criterios mencionados anteriormente. El EsIA que mejor cumplió con los criterios es el de la Central Térmica GECELCA 3[90], la cual está actualmente en construcción, con entrada en operación esperada en 2013. El trabajo de Martínez[137] usa este proyecto para la aplicación de su propuesta. El EsIA de GECELCA 3 “aplicó de manera sistemática, precisa, completa y sin modificaciones”[137], la metodología Cualitativa. Así mismo, “cuenta con una línea base suficientemente amplia y con indicadores ambientales que garantizan una mayor objetividad de los juicios emitidos por los profesionales en el proceso de valoración”[137].

La Central Térmica GECELCA3, tiene una capacidad de 150 MW, usando carbón como combustible. Se localiza en el municipio de Puerto Libertador, departamento de Córdoba, Colombia. Está ubicado a 170 km, por carretera, al sureste de la ciudad de Montería (capital departamental). La fuente de carbón del proyecto es la reserva Alto San Jorge, ubicada en el mismo departamento. La unidad de generación usa la tecnología de Carbón Pulverizado o de lecho fluidizado. La vida útil del proyecto es de 30 años [90].

Siguiendo la Metodología Cualitativa, el EsIA de GECELCA 3 identificó de manera preliminar los impactos negativos de las actividades del proyecto (organizadas en etapa de construcción, operación y abandono). En la Tabla 6-8 se encuentra la matriz de identificación de impactos: en las columnas las actividades del proyecto y en las filas los factores e impactos ambientales identificados de manera preliminar.

En la Tabla 6-8 se identificaron 155 impactos, ocasionados por 24 acciones/actividades<sup>7</sup>, del proyecto, sobre 32 factores ambientales. En la Tabla 6-9 se encuentra la valoración de los criterios

<sup>7</sup>En fases de construcción, operación y abandono

Tabla 6-8.: Identificación de Impactos central GECELCA3

| Medio  | Componente Ambiental                | Impacto ambiental  | Actividades  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|------------------------------|----------------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|--|---|--|-------------------------|---|---|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--|--|
|  |                                     |  | Construcción   |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   | Operación  |                         |   |   | Abandono                             |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     |  | Contratación de mano de obra y movilización personal | Adecuación de vías de acceso | Instalación de campamentos | Abastecimiento de agua, energía y combustibles | Operación de campamentos | Movilización de equipos y maquinaria | Limpieza y descapote | Nivelaciones y relleno | Adquisición y transporte de materiales de construcción | Excavaciones, cimentaciones y fundaciones | Estructuras en concreto, vías internas y obras civiles | Montaje electromecánico | Limpieza y descapote bocatomas y conducción de agua | Construcción bocatomas y conducción de agua | Disposición de estériles y escombros | Pruebas y puesta en marcha | Acopio y almacenamiento de carbón | Acopio y almacenamiento de combustibles líquidos | Uso y disposición de aguas | Generación de Energía | Manejo y disposición de cenizas y otros subproductos | Desmantelamiento de la central | Manejo y disposición de residuos | Reconformación morfológica |  |  |
| Físico   | Atmosférico                         | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Incremento en el nivel de ruido  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Hídricos                            | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales domésticas        |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Suelos                              | Pérdida capa superficial suelo y potencial   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Aparición o incremento de erosión hídrica  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio en el régimen de escorrentía  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Paisaje                             | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
| Modificación de la fragilidad visual                 |                                     |  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
| Biótico  | Cobertura Vegetal                   | Presión y eliminación de la cobertura vegetal                                      |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Generación de patologías vegetales   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Fauna silvestre                     | Atropellamiento de fauna   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Ahuyentamiento de la fauna   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Destrucción de hábitat   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
| Alteración de la calidad hidrobiológica de las aguas |                                     |  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
| Socio económico                                      | Demografía                          | Cambio en la dinámica poblacional  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio en la accidentalidad  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Riesgo de afectaciones a la salud  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Espacial                            | Cambio demanda de servicios públicos   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio dinámica de empleo  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Económico                           | Cambio sectorial de la mano de obra  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio en la oferta de bienes y servicios  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio precios de bienes y servicios   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio ingresos públicos   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  | Político organizativo               | Generación de expectativas   |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
|  |                                     | Cambio capacidad de gestión de la comunidad  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
| Cultural   | Cambio en el ambiente social        |  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |
| Arqueológico   | Pérdida del patrimonio arqueológico |  |  |                              |                            |  |                          |                                      |                      |                        |  |   |  |                         |   |   |                                      |                            |                                   |  |                            |                       |  |                                |                                  |                            |  |  |

para los impactos de la actividad Generación de Energía. En las filas se encuentran los factores e impactos ambientales. En las columnas se encuentra la valoración para cada criterio, la cual fue realizada por un grupo consultor. A partir de la valoración, se calcula la Importancia del impacto con la metodología Cualitativa original (*Imp*) y con la metodología propuesta (*Imp\**). En el Anexo B se encuentran los resultados de la valoración cualitativa, usando las dos metodologías, para las otras acciones del proyecto.

**Tabla 6-9.:** Valoración impactos ambientales, actividad Generación de Energía. GECELCA3

| Generación de Energía |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|-----------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente Ambiental  | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Atmosférico           | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4  | 4  | 8  | 4  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 47  | 45   |
|                       | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 4  | 8  | 4  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 47  | 45   |
|                       | Incremento en el nivel de ruido  | 1  | 1  | 8  | 2  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 30  | 30   |
| Hídricos              | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      | 8  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 57  | 58   |
| Paisaje               | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    | 4  | 2  | 12 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 1  | 4  | 53  | 52   |
| Cobertura Vegetal     | Generación de patologías vegetales   | 4  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 41  | 39   |
| Fauna                 | Ahuyentamiento de la fauna   | 1  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 4  | 32  | 30   |
|                       | Alteración de la calidad hidrobiológica de las aguas                               | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 44  | 42   |
| Demográfico           | Cambio en la dinámica poblacional  | 4  | 2  | 8  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 48  | 42   |
|                       | Cambio en la accidentalidad  | 4  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 1  | 34  | 27   |
|                       | Riesgo de afectaciones a la salud  | 4  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 46  | 42   |
| Política organizativo | Generación de expectativas   | 4  | 2  | 8  | 4  | 4  | 2  | 4  | 1  | 4  | 4  | 47  | 43   |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010

En la Sección 6.6.4 se encuentra el análisis de los resultados de la comparación en la valoración cualitativa de la Importancia de los impactos.

### 6.6.2. SIEPAC. Línea de transmisión y subestaciones 230 kV

El Proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central) consiste en una línea de transmisión de 230 kV, que conecta los países de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. La longitud total de la línea es de 1799 km. Para facilitar la gestión de la línea de transmisión completa, se dividió en tramos por país. La construcción del proyecto inició en 2006, teniendo un avance de 94% a Julio de 2012. Actualmente todas las líneas están construidas y algunas en operación; menos la correspondiente a Costa Rica.

Para la aplicación de la metodología propuesta se escoge el tramo de Panamá, con una longitud total de 150 km. El estudio ambiental de ese tramo se realizó utilizando la metodología Cualitativa sin modificaciones. En el Anexo C se presentan las tablas de identificación de impactos en la etapa de construcción (Tabla C-1) y en la etapa de operación (Tabla C-2).

La aplicación de la metodología propuesta se realiza en la etapa de valoración cualitativa, de acuerdo con el trabajo realizado por el grupo consultor Soluziona. En la Tabla 6-10 y Tabla 6-11 se encuentra la comparación entre la valoración original y la metodología propuesta, para la etapa de construcción y operación respectivamente.

**Tabla 6-10.:** Comparación valoración impactos construcción SIEPAC-Panamá

| SIEPAC Valoración impactos etapa Construcción |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente                                    | Impacto  | SG | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Suelo   | Ocupación del suelo  | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -32 | -26  |
|   | Generación de proceso erosivos   | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | 4  | -39 | -37  |
|   | Disminución de la capacidad de infiltración del suelo                          | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -31 | -30  |
|   | Compactación del terreno   | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -31 | -30  |
|   | Aumento en la inestabilidad de las laderas                                     | -  | 4  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 4  | -32 | -33  |
| Aire  | Deterioro de la calidad del aire por incremento en la emisión de polvo y gases | -  | 1  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | -20 | -18  |
| Hidrología e Hidrogeología                    | Alteraciones en la hidrología superficial                                      | -  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -23 | -22  |
|   | Disminución de la tasa de recarga y alteración de la red de drenaje            | -  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 4  | -38 | -36  |
| Geología y Geomorfología                      | Alteración de unidades geomorfológicas   | -  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | -35 | -33  |
| Ruido   | Aumento de emisiones acústicas   | -  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  | -22 | -21  |
| Calidad de agua                               | Variación de la calidad de aguas superficiales                                 | -  | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | 2  | -23 | -21  |
|   | Contaminación de aguas subterráneas  | -  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 2  | 4  | -39 | -39  |
| Flora y Vegetación                            | Eliminación de la cubierta vegetal   | -  | 4  | 2  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 2  | -39 | -33  |
|   | Fragmentación de ecosistemas   | -  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 2  | -38 | -37  |
| Fauna   | Disminución de especies terrestres y desplazamiento de individuos              | -  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | -42 | -40  |
|   | Alteración de hábitat y perturbación de la fauna                               | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 4  | 2  | 4  | 4  | 2  | 4  | -40 | -40  |
| Paisaje y Estética                            | Alteración de la calidad y fragilidad visual                                   | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 8  | -48 | -48  |
| Patrimonio Cultural                           | Afección a lugares culturales y patrimoniales                                  | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 1  | 8  | -37 | -40  |
| Calidad de Vida                               | Cambios y variaciones en la calidad de vida de la población                    | -  | 1  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 2  | -23 | -22  |
| Infraestructura y Servicios                   | Efectos sobre la infraestructura local   | -  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 4  | -24 | -22  |
| Patrón de Uso del Suelo                       | Cambios en el patrón de uso de suelo   | -  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -27 | -21  |
| Socioeconomía y Nivel de Empleo               | Incremento de empleo   | +  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 2  | 2  | 32  | 30   |
|   | Migración de la población  | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -24 | -23  |

Fuente: Elaboración propia a partir de SIEPAC

Tabla 6-11.: Comparación valoración impactos operación SIEPAC-Panamá

| SIEPAC Valoración impactos etapa CdYfUMCB |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |  |
|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|--|
| Componente                                | Impacto  | SG | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |  |
| Calidad del Aire                          | Emisiones de ozono, SF6 y de maquinaria de mantenimiento                   | -  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 4  | -24 | -26  |  |
| Ruido                                     | Aumento de emisiones acústicas   | -  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  | -22 | -21  |  |
| Flora y Vegetación                        | Pérdida de ecosistemas   | -  | 1  | 1  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 4  | 4  | 8  | -36 | -36  |  |
|   | Afectación somera de la vegetación que crece en la servidumbre             | -  | 1  | 1  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | -23 | -21  |  |
| Fauna                                     | Alteración de hábitat  | -  | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 2  | 2  | -26 | -24  |  |
|   | Afectación en los sitios de nidificación dentro del área de la servidumbre | -  | 1  | 1  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | -20 | -17  |  |
|   | Disminución de especies terrestres   | -  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | -19 | -17  |  |
| Paisaje y Estética                        | Alteración de la calidad y fragilidad visual                               | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 8  | -48 | -48  |  |
| Calidad de Vida                           | Cambios y variaciones en la calidad de vida de la población                | -  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 4  | -24 | -22  |  |
| Infraestructura local                     | Efectos sobre la infraestructura local                                     | +  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 36  | 32   |  |
|   | Efecto sobre la infraestructura privada                                    | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 2  | 1  | -24 | -21  |  |
| Patrón de Uso del suelo                   | Cambios en el patrón de uso de suelo                                       | -  | 4  | 2  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 4  | -40 | -36  |  |
|   | Cambios en el valor de la tierra   | -  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -27 | -21  |  |
| Campos electro-magnéticos                 | Alteración en la salud humana  | -  | 1  | 2  | 2  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 4  | 8  | -35 | -35  |  |
| Socioeconomía y Nivel de empleo           | Incremento de empleo   | +  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 35  | 33   |  |
|   | Migración de la población  | -  | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -21 | -20  |  |

Fuente: Elaboración propia a partir de SIEPAC

En la Sección 6.6.4 se encuentra el análisis de los resultados de la comparación en la valoración cualitativa de la Importancia de los impactos.

### 6.6.3. CHAGLLA. Central Hidroeléctrica 400MW

El proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla consiste en el aprovechamiento de las aguas del río Huallaga para la generación eléctrica. El proyecto se ubica en el departamento de Huánuco, Perú. Cuenta con dos unidades generadoras de eje vertical, accionadas por turbinas hidráulicas del tipo Francis, con una potencia de 400 MW.

Inicialmente se identifican las acciones del proyecto y los factores ambientales a ser impactados por la implementación del proyecto. En el Anexo D, la Tabla D-1 presenta la identificación de impactos ambientales por las actividades de construcción. Por su parte, la Tabla D-2 presenta los correspondientes a las actividades de operación y abandono.

La Tabla 6-12 y la Tabla 6-13 se presentan la valoración de los criterios original y usando la metodología propuesta, para los impactos en construcción y para los de operación y abandono respectivamente.

Tabla 6-12.: Comparación valoración impactos construcción CHAGLLA

| CHAGLLA Valoración impactos etapa Construcción   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Impacto  | SG | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Alteración de la calidad del aire  | -  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | -31 | -29  |
| Generación de nivel sonoro   | -  | 4  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | -33 | -29  |
| Cambio de uso de suelos  | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -29 | -26  |
| Erosión de suelos ribereños  | -  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | -23 | -20  |
| Riesgo de contaminación de suelos  | -  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | -28 | -27  |
| Compactación de suelos   | -  | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -26 | -25  |
| Riesgo de modificación de estabilidad de talud   | -  | 4  | 2  | 4  | 4  | 1  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | -40 | -36  |
| Riesgo de contaminación de agua superficial  | -  | 4  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 4  | -40 | -39  |
| Perdida y/o remoción de individuos de especies de vegetación                               | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | -38 | -32  |
| Alteración de hábitat y ahuyentamiento temporal de individuos de fauna silvestre terrestre | -  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 4  | -29 | -30  |
| Alteración local del hábitat del acuático  | -  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -30 | -29  |
| Alteración del paisaje local   | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -44 | -38  |
| Alteración del normal tránsito peatonal  | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 1  | 2  | 4  | 1  | 4  | 2  | -42 | -36  |
| Riesgo de afectación a la salud del trabajador   | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 8  | -28 | -33  |
| Riesgo de accidente del trabajador   | -  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | -24 | -21  |
| Riesgo de sobre expectativas de la población   | -  | 2  | 4  | 1  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | -26 | -23  |
| Riesgo de divergencias con propietarios de predio  | -  | 4  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -31 | -28  |
| Inmigración de población (empleo y/o comercio)   | -  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 4  | -31 | -32  |
| Riesgo de alteración del orden público   | -  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | -23 | -20  |
| Generación de empleo   | +  | 12 | 8  | 2  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 76  | 72   |
| Generación de empleos indirectos   | +  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | 33  | 31   |
| Mejora de la actividad comercial local   | +  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | 33  | 31   |
| Mejora de infraestructura de accesos viales y servicios                                    | +  | 8  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 55  | 51   |

Fuente: Elaboración propia a partir EsIA Chaglla

**Tabla 6-13.:** Comparación valoración impactos operación y abandono CHAGLLA

| <b>CHAGLLA Valoración impactos etapa Operación</b>                       |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |     |     |
|--|---|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| Incremento del nivel de ruido  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | -25 | -22 |
| Contribución en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero | + | 12 | 12 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 83  | 79  |
| Modificación microclimática local  | - | 2  | 4  | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | -37 | -33 |
| Cambio de uso de suelos  | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -48 | -42 |
| Riesgo de contaminación del suelo  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -25 | -22 |
| Erosión y/o socavación de suelos ribereños                               | - | 2  | 2  | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | -24 | -23 |
| Control de la erosión de suelo ribereño                                  | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | -40 | -36 |
| Alteración de la calidad del agua  | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -44 | -40 |
| Disminución de caudal en sección de río                                  | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -45 | -39 |
| Afianzamiento hídrico  | + | 4  | 4  | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 45  | 39  |
| Pérdida de cobertura vegetal   | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -48 | -42 |
| Alteración del hábitat de especies de vegetación                         | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | -43 | -41 |
| Alteración del hábitat de fauna silvestre terrestre                      | - | 4  | 4  | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | -39 | -36 |
| Alteración en la comunidad acuática                                      | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | -44 | -42 |
| Alteración del paisaje local   | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | -44 | -40 |
| Generación de empleos  | + | 2  | 4  | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 35  | 29  |
| Incremento de energía eléctrica al SEIN                                  | + | 8  | 12 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 73  | 67  |
| Incremento en la generación de ingresos fiscales y de canon              | + | 4  | 8  | 4 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 48  | 44  |
| Dinamización del comercio y servicios                                    | + | 4  | 4  | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 36  | 32  |
| <b>CHAGLLA Valoración impactos etapa Abandono</b>                        |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |     |     |
| Incremento del nivel de ruido  | - | 2  | 2  | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | -27 | -23 |
| Alteración de la calidad del aire  | - | 2  | 2  | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | -25 | -23 |
| Riesgo de contaminación de suelos  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | -27 | -26 |
| Alteración de la calidad del agua  | - | 4  | 4  | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | -41 | -41 |
| Ahuyentamiento temporal de individuos de fauna silvestre                 | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -22 | -19 |
| Recuperación del paisaje local   | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | -39 | -35 |
| Riesgo de accidente laboral  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -22 | -19 |
| Disminución de la oferta energía eléctrica al SEIN                       | + | 4  | 12 | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 58  | 52  |
| Disminución de ingresos fiscales y/o de canon                            | - | 4  | 8  | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | -44 | -41 |
| Generación de empleos  | + | 2  | 2  | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 29  | 23  |

Fuente: Elaboración propia a partir EsIA Chaglla

En la Sección 6.6.4 se encuentra el análisis de los resultados de la comparación en la valoración cualitativa de la Importancia de los impactos.



#### 6.6.4. Análisis resultados aplicación metodología propuesta

Se analizaron los 246 impactos de los tres proyectos de la sección anterior, distribuidos como se presenta en la Tabla 6-14. Para cada uno de los 246 impactos se realizó la valoración con la metodología original y con la propuesta, determinando la Importancia del impacto.

Tabla 6-14.: Impactos analizados

| Proyecto | Construcción | Operación | Abandono | +  | -   | Total |
|----------|--------------|-----------|----------|----|-----|-------|
| GECELCA3 | 109          | 33        | 13       | 0  | 155 | 155   |
| SIEPAC   | 23           | 16        | 0        | 3  | 36  | 39    |
| CHAGLLA  | 23           | 19        | 10       | 12 | 40  | 52    |
| Total    | 155          | 68        | 23       | 15 | 231 | 246   |

Fuente: Elaboración propia

La primera observación que se puede realizar es que la tendencia es obtener valores de Importancia más pequeños: tan sólo 62 ( $\approx 25\%$ ) de los 246 impactos tiene un valor más alto que el original y sólo 11 ( $\approx 4,4\%$ ) tienen el mismo valor. Para el caso de los que tienen mayor valoración, se debe principalmente a que tienen valoraciones de Recuperabilidad (MC) alta, es decir que tienen menor probabilidad de corrección y/o mitigación por medios humanos. Esto establece alertas, a tener en cuenta en la etapa siguiente, es decir el desarrollo del PMA.

Ahora bien, se revisan los 173 impactos que disminuyen su Importancia, encontrando problemas de ambigüedad en la valoración original entre los criterios de Persistencia (PE) y Recuperabilidad (MC). Cómo se determinó en el estudio de los criterios, si un impacto se califica como irreversible, técnicamente, su persistencia (en términos de tiempo) sería infinita y viceversa: en el grupo de los 173 impactos se encontró que cerca de la mitad tenían valoración alta en Persistencia o en Reversibilidad, mas no en el otro criterio. De acuerdo con la definición original, esto es un error que ocasiona que el valor de Importancia en la propuesta sea menor, incluso con la ponderación relativa mayor (para MC).

Para el caso de la Acumulación (AC) también se evidenció que cuando era valorada en 4 (acumulativa), la Persistencia no siempre tenía valores altos, demostrando que el uso de PE puede ocasionar errores de tipo conceptual, y que su objetivo (tener en cuenta la duración del impacto) se puede cumplir con otros criterios.

Para el caso de la Periodicidad, cerca de la mitad de los impactos se consideran continuos. La otra mitad se distribuye en esporádicos y regulares. Para el caso de los impactos que no se consideran continuos, algunos tienen valores de Intesidad o Extensión altos, pero al tener periodicidad baja pueden ser ignorados. Así mismo, del análisis del concepto y de los impactos del sector, así como hay varios que pueden definir como periodicos, existen otros de los cuales no se puede tener certeza, llevando la valoración a datos al azar y/o suficiente soporte. Se confirma la conclusión que este criterio es más impórtante para la definición de medidas de control, prevención, mitigación o corrección; que para la determinación de la Importancia del impacto.

Como se estudió en la Sección 1.3.5, luego de la etapa cualitativa se realiza una depuración de la matriz. Por ejemplo, algunos criterios para la depuración son: eliminación de impactos con importancia

por debajo de un umbral<sup>8</sup>; y casos especiales como factores que no tienen indicadores o impactos con Importancia muy alta que no requieren tratamientos adicionales. Para la depuración se utiliza principalmente una clasificación de los impactos en categorías como: irrelevante, moderado, severo y crítico. El origen de esta clasificación es el Reglamento de EIA de España, donde los límites de las categorías están fijados de manera estática, es decir, una división en cuatro categorías de igual amplitud. Como un trabajo futuro se podría revisar si esa clasificación se puede adoptar para Colombia, y si sus límites son adecuados. En la Tabla 6-15 se encuentra la comparación de resultados de acuerdo con su clasificación.

**Tabla 6-15.:** Comparación clasificación impactos metodología Cualitativa y propuesta

| Impacto     | Rango              | M. Cualitativa | %      | M. propuesta | %      |
|-------------|--------------------|----------------|--------|--------------|--------|
| Irrelevante | $Imp < 25$         | 43             | 18,6 % | 56           | 24,2 % |
| Moderado    | $25 \leq Imp < 50$ | 159            | 68,8 % | 148          | 64,1 % |
| Severo      | $50 \leq Imp < 75$ | 29             | 12,6 % | 27           | 11,7 % |
| Crítico     | $75 \leq Imp$      | 0              | 0      | 0            | 0 %    |

Fuente: Elaboración propia

Se observa que no se presentan cambios significativos en la cantidad de impactos que pertenecen a determinada clasificación. Las causas de que algunos impactos bajan de clasificación se debe a los errores conceptuales originales detectados anteriormente. Esto significa que evaluando 8 y no 10 criterios se obtienen resultados muy similares, estableciendo que la metodología propuesta es más eficiente y concreta (mismo resultado con menos trabajo).

Finalmente, aunque los resultados de esta etapa cualitativa son fundamentales, la metodología continúa con otras etapas de quizás más relevancia. Después de la etapa cualitativa siguen otras etapas para el *control*<sup>9</sup> de los impactos. El impacto en la Calidad Ambiental<sup>10</sup> y sus medidas de mitigación, son el paso siguiente para completar de manera óptima la EIA de cualquier proyecto.

<sup>8</sup>El umbral no es necesariamente el de impacto irrelevante

<sup>9</sup>Mediante medidas de protección, corrección, mantenimiento, recuperación, compensación y restabilización.

<sup>10</sup>Determinado mediante funciones de transformación.

# 7. Conclusiones y recomendaciones

## 7.1. Conclusiones

Se realizó un diagnóstico de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del sector eléctrico colombiano. Tomando como base la evaluación realizada por Toro[183], se revisó cada criterio con respecto a las particularidades del sector. Se encontró que en general el sistema EIA colombiano tiene varios elementos por mejorar, en términos de procedimientos, requerimientos, personal, entre otros. Lo anterior no difiere para el sector eléctrico.

Para solucionar parte de las debilidades identificadas en el diagnóstico se realizó una revisión de la historia, legislación nacional e internacional y aplicación de la EIA del sector eléctrico. Se determina que es más óptimo estandarizar el proceso a crear muchas variantes y ramificaciones, que finalmente terminarán en una disminución de la eficiencia del proceso a nivel global. Si bien todos los proyectos son diferentes, generan impactos diversos y se desarrollan en ambientes diferentes, el proceso de EIA debe ser integral y funcional a nivel de país, es decir, creando una fortaleza mas no una especialización desarticulada. Las particularidades de cada proyecto deben ser analizadas y revisadas por expertos objetivos, asegurando la rigurosidad y pertinencia de los resultados.

Después de analizar metodologías de EIA según antecedentes y criterios, se determina que la óptima para el proceso de EIA es la Metodología Cualitativa: cuando esta metodología se desarrolla totalmente, cumple perfectamente con los objetivos y principios planteados para el proceso de EIA. Adicionalmente, las condiciones de los proyectos del sector eléctrico se pueden analizar de forma adecuada mediante esta metodología. Finalmente, la legislación colombiana señala algunas consideraciones, mas no obligaciones, en las cuales esta metodología se adapta perfectamente.

El principal defecto de una metodología cualitativa es la subjetividad a la hora de valorar los distintos criterios. Es por ello que se puede complementar con el uso de otras metodologías para incrementar la objetividad del proceso y así tener resultados reales. Por ejemplo, el uso de sistemas cartográficos para definición de entornos; bases de datos para determinación de intensidad; o seguimiento a otros proyectos para la recuperabilidad (eficiencia de las medidas planteadas).

La propuesta de este trabajo se resume en la optimización de la etapa de determinación de la Importancia del impacto de la Metodología Cualitativa, revisando todos los criterios que la componen, alineandolos con la legislación de Colombia y con las características de los proyectos de infraestructura eléctrica.

Respecto a los criterios originales de la metodología cualitativa, en el análisis de la Persistencia (PE - duración) se puede presentar una confusión o ambigüedad con otros dos criterios: Reversibilidad (RV) y Acumulación (AC). Con la RV se debería establecer una relación dinámica. Es decir, si un impacto se califica como irreversible, técnicamente, su persistencia (en términos de tiempo) sería

infinita. Por otra parte, la Persistencia puede tener duplicidad con la Acumulación. Si para determinado impacto se determina como acumulativo, es obligatorio que sea persistente.

En el caso del criterio de Periodicidad (*Pr*), cuando un impacto no es constante, no siempre es posible determinar su frecuencia (impacto avifauna, riesgo de incendios, sismicidad). Para un impacto que se espera en un tiempo determinado, se puede emplear el criterio de Momento. La *Pr* se estima más relevante para el diseño de medidas del Plan de Manejo Ambiental, el cual se define en etapas posteriores de la metodología Cualitativa.

Los criterios de Recuperabilidad (*MC*) y Reversibilidad (*RV*) se deben cambiar de escala a una de probabilidad: originalmente tenían una calificación temporal, lo que no era compatible con su definición.

De igual forma, la ponderación relativa del criterio Recuperabilidad (*MC*) se duplica. En el desarrollo del trabajo se deja claro que el objetivo de la EIA es minimizar el impacto ambiental de los proyectos de cualquier sector, mas no convertirse en un obstáculo para el desarrollo de estos proyectos. Se determina que el concepto de Recuperabilidad, es decir, mejorar la calidad ambiental de un factor ambiental mediante la acción del hombre, se convierte en un indicador de desarrollo sostenible. Se puede considerar que los impactos sean compatibles mientras se pueda devolver la calidad ambiental al factor, incluso mejorarla.

A partir de una aplicación de prueba de la metodología propuesta en tres proyectos de distinto tipo, se observa que no se presentan cambios significativos en la cantidad de impactos que pertenecen a determinada clasificación. Las causas de que algunos impactos bajan de clasificación se debe a los errores conceptuales originales detectados anteriormente. Esto significa que evaluando 8 y no 10 criterios se obtienen resultados muy similares, estableciendo que la metodología propuesta es más eficiente y acertada.

Volviendo a temas conceptuales de la EIA, esta cuenta con innumerables metodologías para su desarrollo; por lo tanto, es imposible definir una como la *mejor*: cada una fue diseñada con distintos objetivos y para diferentes contextos. Un proceso de EIA en el que se utilizarán varias metodologías simultáneamente sería muy largo y costoso, perdiendo eficiencia. Es por ello que una metodología tipo ad hoc (que se construye de elementos de otras), es la *mejor opción*.

El desarrollo histórico de la EIA la muestra como componente básico de la legislación ambiental a nivel mundial. Desde su aparición en 1973 en Estados Unidos se ha extendido por casi todos los países, demostrando un compromiso de desarrollo sostenible. Su estructura es muy similar: ley general sobre el requisito de presentar un Estudio de Impacto Ambiental antes del inicio de ciertas categorías de proyectos. Sin embargo, algunos países tienen una legislación muy extensa y específica (Ecuador), siendo engorrosa y seguramente difícil de desarrollar. Otros países tienen una legislación bien organizada y por lo tanto más fácil de seguir correctamente (Francia y su Código del Medio Ambiente).

En Colombia, el desarrollo de la EIA fue rápido. Sin embargo, su evolución no ha sido la adecuada. Una evaluación del sistema (Toro et al [183] con el modelo Wood) pone al sistema colombiano muy por debajo con respecto a otros países que la adoptaron más mucho tiempo más tarde (Holanda). Respecto al sector eléctrico, sus proyectos de generación térmica, nuclear e hidráulica, y de líneas de

transmisión, están en general sujetos a la EIA de acuerdo a límites de potencia, tensión o distancia. Se concluye que el sector eléctrico no tiene un papel llamativo, como si la puede tener el sector de petróleo o los relacionados con químicos.

De acuerdo a los objetivos de la EIA (identificar, predecir, interpretar-valorar, prevenir o corregir y comunicar, el efecto de un proyecto sobre el medio ambiente [59]), un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) se convierte en la herramienta adecuada para llevar a cabo proyectos necesarios para la sociedad, bajo criterios de desarrollo sostenible o *triple-bottom-line* (economía-ambiente-social).

Después de revisar varios EsIA de proyectos del sector eléctrico, así como guías ambientales, se determina que, contrario a la concepción de energía renovable y limpia ambientalmente, un proyecto de central hidroeléctrica con embalse es el que más impactos potenciales tiene. La inundación de una zona para construir un embalse modifica el ecosistema de forma irreparable. Se considera que para definir los impactos de un proyecto se requiere un grupo de trabajo multidisciplinar y objetivo, esto debido a que para algunos, por ejemplo, el impacto visual de una línea de transmisión o parque eólico es de gran magnitud; y para otros no representa una molestia modificar el paisaje con una estructura de gran tamaño. Finalmente, se considera que los proyectos del sector eléctrico, cualquiera que sea, tienen muchas posibilidades de realizar diseños amigables con el ambiente, así como de desarrollar medidas (prevención, corrección, mitigación, compensación) adecuadas y eficientes para realizar el proyecto (construcción, operación y abandono) sin causar impactos ambientales significativos, o en su defecto, controlandolos.

Si bien, legalmente, la EIA es una parte de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA), no puede tomarse aisladamente en el proceso de viabilidad ambiental de un proyecto. Junto con la identificación y valoración de los impactos, es imprescindible la definición de medidas de prevención, corrección, mitigación o compensación, es decir, la definición de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) adecuado. Junto con este, debe indicarse el plan de seguimiento y control, como mecanismo de supervisión. Se determina que la EIA un proceso integral y debe desarrollarse de manera continua (valoración impactos - medidas - monitoreo) para asegurar su calidad. No sirve de nada identificar y valorar impactos ambientales si no se toman acciones contra ellos.

El sistema y proceso EIA es a veces visto como un problema para los proyectos. Se ve como una limitación al inicio del mismo mas no como una herramienta de desarrollo sostenible. La articulación y el trabajo conjunto del gobierno (como autoridad ambiental) y de los proponentes de los proyectos es fundamental para realizar el proceso de forma adecuada: objetiva, a tiempo y responsable.

## 7.2. Recomendaciones

Estudiar el uso de otras metodologías para complementar el desarrollo de una valoración cualitativa. Por ejemplo: las técnicas de lógica difusa, bases de datos de proyectos anteriores y en curso, sistemas cartográficos, entre otros. Los sistemas de información y las aplicaciones disponibles son herramientas que facilitan el desarrollo de la EIA de manera integral, disminuyendo la subjetividad del proceso.

La estandarización de la legislación puede traer beneficios importantes. A nivel internacional, por ejemplo la Unión Europea o las uniones en África, desarrollan su legislación de forma conjunta. Se podría pensar en una legislación de EIA base para latinoamérica, teniendo en cuenta las similitudes que caracterizan a sus países.

Analizar las particularidades de los sistemas EIA a nivel internacional. Por ejemplo, en Francia establecen los proyectos que no están sometidos a presentar un EsIA; además se tiene en cuenta el costo del proyecto. En otros países hay varias categorías de licencia ambiental de acuerdo a las características del proyecto. Podría ser beneficioso implementar un EsIA simple (notificación de impacto) para proyectos que no estén sometidos actualmente.

Los proyectos que deben presentar EsIA se establecen por sus características de magnitud/tamaño (principalmente). Para el sector eléctrico las variables son: potencia, tensión, longitud y volumen (embalses). A nivel internacional los límites varían notablemente, siendo una buena labor la revisión y fundamentación de los límites para someter o no un proyecto a la EIA. Un ejemplo de esto, es la diferencia entre los proyectos de transmisión (tensión igual o mayor a 220 kV) y los de distribución (tensión menor a 220 kV). Una red de sub-transmisión o distribución de 115 kV no presenta diferencias de tamaño considerables respecto de una línea de transmisión, las actividades del proyecto no son muy distintas, por lo que se pueden revisar los límites para determinar los requerimientos en términos de licenciamiento ambiental. Su ubicación típica si es diferente, la distribución es urbana y la transmisión rural; sugiriendo el uso de otro criterio más: ubicación.

Los tipos de proyectos del sector eléctrico que requieren EsIA han evolucionado. Se habla de proyectos de energía alternativa, sin definirlo adecuadamente. Los proyectos eléctricos se van a diversificar, y teniendo en cuenta sus magnitudes, podrían requerir de un proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Se requiere revisar otros proyectos, tales como parques eólicos, instalaciones solares, centros de almacenamiento, entre otros, los cuales podría requerir de EsIA.

Toro [183] realizó una evaluación del sistema EIA en Colombia, bajo el modelo Wood, desarrollando unas propuestas de mejora. Una recomendación es diseñar un mapa de ruta para desarrollar las propuestas y así mejorar la eficiencia del sistema EIA colombiano.

Las Guías Ambientales son una herramienta muy útil para estandarizar el proceso de licenciamiento ambiental. Estas guías están desactualizadas (últimas versiones de 1999 hasta 2005) y no tienen una presentación adecuada (estandarizada). Una nueva versión de estos y otros documentos sería adecuada para fortalecer el sistema de EIA.

Específicamente para el sector eléctrico, es necesario revisar la viabilidad ambiental de los proyectos de la UPME. Muchos son propuestos sin tener en cuenta parámetros ambientales, significando demoras y problemas en el proceso EIA que requieren después.

# A. Factores Ambientales y Acciones de Proyecto (Matriz de Leopold)

Matriz de Leopold: sección [1.3.3](#).

## Factores Ambientales

### A. Características Físicas y Químicas

- a) Tierra
  - 1) Recursos minerales
  - 2) Material de construcción
  - 3) Suelos
  - 4) Geomorfología
  - 5) Campos magnéticos y radioactividad
  - 6) Factores físicos singulares
- b) Agua
  - 1) Superficial
  - 2) Océano
  - 3) Subterráneas
  - 4) Calidad
  - 5) Temperatura
  - 6) Recarga
  - 7) Nieve, hielos, heladas
- c) Atmósfera
  - 1) Calidad (gases, partículas)
  - 2) Clima (micro, macro)
  - 3) Temperatura
- d) Procesos
  - 1) Inundaciones
  - 2) Erosión
  - 3) Deposición
  - 4) Solución
  - 5) Sorción
  - 6) Compactación y asientos
  - 7) Estabilidad
  - 8) Sismología
  - 9) Movimientos de aire

### B. Condiciones biológicas

*a)* Flora

- 1) Árboles
- 2) Arbustos
- 3) Hierbas
- 4) Cosechas
- 5) Microflora
- 6) Plantas acuáticas
- 7) Especies en peligro
- 8) Barreras
- 9) Corredores

*b)* Fauna

- 1) Aves
- 2) Animales terrestres, incluso reptiles
- 3) Peces y mariscos
- 4) Organismos bentónicos
- 5) Insectos
- 6) Microfauna
- 7) Especies en peligro
- 8) Barreras
- 9) Correos

## C. Factores Culturales

*a)* Uso del suelo

- 1) Espacios abiertos y salvajes
- 2) Zonas húmedas
- 3) Silvicultura
- 4) Pastos
- 5) Agricultura
- 6) Residencial
- 7) Comercial
- 8) Industrial
- 9) Minas y Cantera

*b)* Recreación

- 1) Caza
- 2) Pesca
- 3) Navegación
- 4) Zona de baño
- 5) Camping
- 6) Picnic
- 7) Resort

*c)* Estéticos e interés humano

- 1) Vistas panorámicas
- 2) Atributos zonas vírgenes
- 3) Atributos espacios abiertos



- 
- 4) Paisajes
  - 5) Atributos físicos singulares
  - 6) Parques y reservas
  - 7) Monumentos
  - 8) Ecosistemas o especies raras o únicas
  - 9) Sitios (objetos) históricos/arqueológicos
  - 10) Irregularidades
  - d) Estatus cultural
    - 1) Estilo de Vida
    - 2) Salud y seguridad
    - 3) Empleo
    - 4) Densidad de población
  - e) Infraestructura y actividades humanas
    - 1) Estructuras
    - 2) Red de transporte
    - 3) Red de servicios
    - 4) Disposición de residuos
    - 5) Barreras
    - 6) Corredores
- D. Relaciones ecológicas:
- a) Tales como:
    - 1) Salinización de recursos hídricos
    - 2) Eutrofización
    - 3) Insectos portadores de enfermedades
    - 4) Cadenas alimentarias
    - 5) Salinización de materiales superficiales
    - 6) Invasión de arbustos
- E. Otros

## Acciones de proyecto

1. Modificación del régimen
  - a) Introducción Flora o Fauna exotica
  - b) Controles biológicos
  - c) Modificación Habitat
  - d) Alteración de tierras superficies
  - e) Alteración de hidrología superficial
  - f) Alteración drenajes
  - g) Control ríos y modifcación flujo
  - h) Canalización
  - i) Irrigación
  - j) Modificación clima
  - k) Incendios

- l*) Pavimentación
  - m*) Ruido y vibración
2. Transformación de tierras y construcción
- a*) Urbanización
  - b*) Complejos Industriales
  - c*) Aeropuertos
  - d*) Autopistas y puentes
  - e*) Caminos y senderos
  - f*) Vías férreas
  - g*) Cables y suspensiones
  - h*) Líneas de transmisión y tuberías
  - i*) Barreras
  - j*) Dragado y alineado de canales
  - k*) Revestimiento de canales
  - l*) Canales
  - m*) Presas y embalses
  - n*) Muelles, diques y terminales marítimos
  - ñ*) Estructuras offshore
  - o*) Estructuras recreacionales
  - p*) Voladuras y perforaciones
  - q*) Corte y relleno
  - r*) Túneles y estructuras subterráneas
3. Extracción Recursos
- a*) Voladuras y perforaciones
  - b*) Excavación superficial
  - c*) Excavación subterránea
  - d*) Perforación pozos
  - e*) Dragados
  - f*) Tala de árboles
  - g*) Pesca y caza comercial
4. Procesamiento
- a*) Agricultura
  - b*) Ganadería y pastoreo
  - c*) Engorde
  - d*) Actividades de campo
  - e*) Generación de energía
  - f*) Procesamiento de minerales
  - g*) Industria Metalúrgica
  - h*) Industria Química
  - i*) Industria textil
  - j*) Automóviles y aviones
  - k*) Refinamiento de petróleo

- 
- l*) Industria alimentaria
  - m*) Explotación maderera
  - n*) Papelería y celulosa
  - ñ*) Almacenamiento de productos
5. Alteración tierras
- a*) Control Erosión
  - b*) Cierre de minas y control desechos
  - c*) Rehabilitación minas superficiales
  - d*) Paisajes
  - e*) Dragado de puertos
  - f*) Drenado y llenado de cienagas
6. Renovación Recursos
- a*) Reforestación
  - b*) Gestión vida silvestre
  - c*) Rehabilitación aguas subterráneas
  - d*) Fertilización
  - e*) Reciclaje desecho
7. Cambios en tráfico
- a*) Vías ferreas
  - b*) Automóviles
  - c*) Carga pesada
  - d*) Barcos
  - e*) Aviones
  - f*) Tráfico de ríos y canales
  - g*) Barco personal
  - h*) Senderos
  - i*) Cables y suspensiones
  - j*) Comunicaciones
  - k*) Tuberías
8. Tratamiento de desechos
- a*) Vertimiento marítimo
  - b*) Relleno de tierra
  - c*) Residuos, despojos y escombros
  - d*) Almacenamiento subterráneo
  - e*) Disposición de basura
  - f*) Inundaciones pozos petróleo
  - g*) Pozos profundos
  - h*) Descarga agua enfriamiento
  - i*) Descarga desechos municipal
  - j*) Descarga líquidos efluentes
  - k*) Estabilización y lagunas de oxidación
  - l*) Tanques sépticos: comerciales y domésticos

- m)* Gases de combustión
- n)* Lubricantes gastados
- 9. Tratamiento químico
  - a)* Fertilización
  - b)* Deshielo químico autopistas, etc
  - c)* Estabilización química suelo
  - d)* Control Maleza
  - e)* Control Insectos
- 10. Accidentes
  - a)* Explosiones
  - b)* Derrames y fugas
  - c)* Fallas de operación
- 11. Otros

## B. Anexo: Identificación y Valoración impactos ambientales GECELCA 3

**Tabla B-2.:** GECELCA 3. Valoración impactos Contratación de mano de obra y movilización personal - Adecuación de vías de acceso - Instalación de campamentos

| <b>Contratación de mano de obra y movilización del personal</b> |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <b>Componente Ambiental</b>                                     | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Fauna   | Atropellamiento de fauna   | 4         | 4         | 8         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 2         | 2         | 44         | 42          |
|   | Ahuyentamiento de la fauna   | 4         | 4         | 8         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 2         | 2         | 44         | 42          |
| Demografía  | Cambio en la dinámica poblacional  | 4         | 4         | 8         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 4         | 2         | 50         | 46          |
|   | Cambio en la accidentalidad  | 4         | 2         | 1         | 2         | 2         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 32         | 27          |
|   | Riesgo de afectaciones a la salud  | 4         | 4         | 2         | 1         | 2         | 2         | 4         | 4         | 1         | 1         | 37         | 36          |
| Económico   | Cambio precios de bienes y servicios   | 4         | 2         | 4         | 2         | 2         | 4         | 4         | 1         | 4         | 2         | 39         | 35          |
| Político Organizativo   | Generación de expectativas   | 4         | 2         | 8         | 4         | 4         | 2         | 4         | 1         | 4         | 4         | 47         | 43          |
| Cultural  | Cambio en el ambiente social   | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 2         | 39         | 35          |
| <b>Adecuación de vías de acceso</b>                             |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>                                     | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 2         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 21         | 18          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 2         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 24         | 21          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Suelos  | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 8         | 2         | 8         | 4         | 4         | 1         | 1         | 1         | 1         | 8         | 56         | 59          |
|   | Aparición o incremento de erosión hídrica superficial                              | 1         | 2         | 8         | 1         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 1         | 33         | 29          |
|   | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 1         | 2         | 8         | 2         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 2         | 35         | 31          |
|   | Cambio en el régimen de escorrentía  | 1         | 2         | 8         | 1         | 1         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 28         | 24          |
| Paisaje   | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    | 2         | 2         | 8         | 2         | 4         | 2         | 1         | 4         | 1         | 8         | 40         | 45          |
| Fauna   | Atropellamiento de fauna   | 4         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 41         | 42          |
| Especial  | Cambio en oferta de infraestructura vial   | 2         | 2         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 30         | 26          |
| Arqueológico  | Pérdida del patrimonio arqueológico  | 2         | 1         | 8         | 4         | 4         | 2         | 4         | 4         | 4         | 8         | 46         | 46          |
| <b>Instalación de campamentos</b>                               |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>                                     | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales domésticas        | 8         | 1         | 8         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 54         | 52          |
|   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Suelos  | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4         | 1         | 8         | 4         | 4         | 1         | 1         | 4         | 1         | 8         | 45         | 48          |
|   | Aparición o incremento de erosión hídrica superficial                              | 1         | 1         | 8         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 4         | 32         | 30          |
|   | Cambio en el régimen de escorrentía  | 1         | 1         | 8         | 1         | 2         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 27         | 23          |
| Cobertura Vegetal   | Presión y eliminación de la cobertura vegetal                                      | 1         | 1         | 4         | 4         | 2         | 1         | 1         | 4         | 4         | 4         | 29         | 25          |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 4         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 35         | 36          |
|   | Destrucción de hábitat   | 1         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 26         | 27          |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010



**Tabla B-3.:** GECELCA 3. Valoración impactos Abastecimiento de agua, energía y combustibles - Operación de campamentos - Movilización de equipos y maquinaria

| Abastecimiento de agua, energía y combustibles |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente Ambiental                           | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4  | 4  | 8  | 2  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 45  | 45   |
|  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 37  | 34   |
|  | Incremento en el nivel de ruido  | 1  | 1  | 8  | 1  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 29  | 30   |
| Hídrico  | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      | 4  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 42  | 43   |
| Operación de campamentos                       |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                           | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Incremento en el nivel de ruido  | 1  | 1  | 8  | 1  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 29  | 30   |
| Hídrico  | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales domésticas        | 8  | 1  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 54  | 52   |
|  | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 53  | 54   |
| Fauna  | Atropellamiento de fauna   | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 23  | 24   |
| Económico                                      | Cambio en la oferta de bienes y servicios  | 4  | 4  | 8  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 50  | 46   |
| Cultural                                       | Cambio en el ambiente social   | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 2  | 39  | 35   |
| Movilización de equipos y maquinaria           |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                           | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 37  | 34   |
|  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 37  | 34   |
|  | Incremento en el nivel de ruido  | 1  | 1  | 8  | 1  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 29  | 30   |
| Paisaje  | Modificación de la fragilidad visual   | 4  | 2  | 8  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 1  | 4  | 42  | 43   |
| Fauna  | Atropellamiento de fauna   | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 39  | 40   |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010



**Tabla B-4.: GECELCA 3. Valoración impactos Limpieza y descapote - Nivelaciones y relleno - Adquisición y transporte de materiales de construcción**

| <b>Limpieza y descapote</b>                                   |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <b>Componente Ambiental</b>                                   | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 19         | 16          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 22         | 19          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Suelo   | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4         | 2         | 8         | 4         | 2         | 1         | 1         | 4         | 1         | 2         | 39         | 36          |
|   | Aparición o incremento de erosión hídrica superficial                              | 1         | 2         | 8         | 1         | 1         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 28         | 24          |
|   | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 1         | 2         | 8         | 2         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 1         | 34         | 29          |
|   | Cambio en el régimen de escorrentía  | 1         | 2         | 8         | 2         | 2         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 30         | 25          |
| Paisaje   | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    | 4         | 1         | 8         | 4         | 4         | 4         | 1         | 4         | 1         | 4         | 44         | 43          |
|   | Modificación de la fragilidad visual   | 2         | 1         | 4         | 4         | 2         | 4         | 1         | 4         | 1         | 2         | 30         | 27          |
| Cobertura Vegetal   | Presión y eliminación de la cobertura vegetal                                      | 4         | 1         | 4         | 4         | 2         | 1         | 1         | 4         | 1         | 4         | 35         | 34          |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 4         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 41         | 42          |
|   | Destrucción del habitat  | 4         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 41         | 42          |
| <b>Nivelaciones y relleno</b>                                 |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>                                   | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 19         | 16          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 22         | 19          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Suelo   | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
|   | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 1         | 1         | 8         | 1         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 1         | 31         | 27          |
|   | Cambio en el régimen de escorrentía  | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 19         | 15          |
| <b>Adquisición y transporte de materiales de construcción</b> |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>                                   | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4         | 4         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 37         | 34          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4         | 4         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 37         | 34          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 1         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         | 1         | 4         | 29         | 30          |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010

**Tabla B-5.:** GECELCA 3. Valoración impactos Excavaciones, cimentaciones y fundaciones - Construcción de estructuras en concreto, vías internas y obras civiles - Montaje electromecánico

| <b>Excavaciones, cimentaciones y fundaciones</b>                              |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <b>Componente Ambiental</b>   | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 19         | 16          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 22         | 19          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Suelo   | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 4         | 4         | 1         | 1         | 27         | 26          |
| <b>Construcción de estructuras en concreto, vías internas y obras civiles</b> |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>   | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 19         | 16          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 22         | 19          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Suelo   | Aparición o incremento de erosión hídrica superficial                              | 1         | 1         | 8         | 2         | 2         | 2         | 4         | 4         | 1         | 2         | 30         | 29          |
|   | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 1         | 1         | 8         | 1         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 1         | 31         | 27          |
|   | Cambio en el régimen de escorrentía  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 26         | 22          |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 1         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         | 1         | 4         | 23         | 24          |
| <b>Montaje electromecánico</b>  |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>   | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010

**Tabla B-6.:** GECELCA 3. Valoración impactos Limpieza y descapote bocatoma y conducción de agua - Construcción bocatoma y conducción de agua

| <b>Limpieza y descapote bocatoma y conducción de agua</b> |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <b>Componente Ambiental</b>                               | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 19         | 16          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 22         | 19          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Suelo   | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4         | 2         | 8         | 4         | 2         | 1         | 1         | 4         | 1         | 2         | 39         | 36          |
|   | Aparición o incremento de erosión hídrica superficial                              | 1         | 2         | 8         | 1         | 1         | 1         | 1         | 4         | 1         | 1         | 25         | 24          |
|   | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 1         | 2         | 8         | 1         | 1         | 1         | 4         | 4         | 1         | 1         | 28         | 27          |
| Paisaje   | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    | 4         | 1         | 8         | 4         | 4         | 4         | 1         | 4         | 1         | 4         | 44         | 43          |
|   | Modificación de la fragilidad visual   | 4         | 1         | 8         | 4         | 2         | 4         | 1         | 4         | 1         | 4         | 42         | 41          |
| Cobertura Vegetal   | Presión y eliminación de la cobertura vegetal                                      | 4         | 1         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 37         | 36          |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 4         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 35         | 36          |
|   | Destrucción del habitat  | 1         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         | 1         | 4         | 23         | 24          |
| <b>Construcción bocatoma y conducción de agua</b>         |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>                               | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         | 19         | 16          |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 1         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 22         | 19          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 53         | 54          |
| Paisaje   | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    | 2         | 1         | 8         | 4         | 2         | 2         | 1         | 4         | 1         | 4         | 34         | 33          |
|   | Modificación de la fragilidad visual   | 4         | 1         | 8         | 4         | 2         | 4         | 1         | 4         | 1         | 4         | 42         | 41          |
| Cobertura Vegetal   | Presión y eliminación de la cobertura vegetal                                      | 4         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 1         | 4         | 4         | 4         | 37         | 35          |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 4         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 35         | 36          |
|   | Destrucción del habitat  | 1         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         | 1         | 4         | 23         | 24          |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010

**Tabla B-7.:** GECELCA 3. Valoración impactos Disposición de estériles y escombros - Pruebas y puesta en marcha - Acopio y almacenamiento de carbón - Acopio y almacenamiento de combustibles líquidos

| Disposición de estériles y escombros             |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente Ambiental                             | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 37  | 33   |
|  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 8  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 53  | 54   |
| Suelo  | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4  | 1  | 8  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 8  | 43  | 46   |
|  | Aparición o incremento de erosión hídrica superficial                              | 2  | 1  | 8  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 1  | 35  | 30   |
|  | Desestabilización taludes y generación de procesos de remoción en masa             | 2  | 1  | 8  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 1  | 35  | 30   |
|  | Cambio en el régimen de escorrentía  | 1  | 1  | 8  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | 1  | 31  | 26   |
| Pruebas y puesta en marcha                       |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                             | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4  | 4  | 8  | 4  | 1  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 46  | 45   |
|  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 4  | 8  | 4  | 1  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 46  | 45   |
|  | Incremento en el nivel de ruido  | 1  | 1  | 8  | 1  | 1  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 28  | 30   |
| Hídrico  | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      | 8  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 57  | 58   |
| Acopio y almacenamiento de carbón                |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                             | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 1  | 8  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 44  | 40   |
| Hídrico  | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas industriales                 | 8  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 57  | 58   |
| Suelo  | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4  | 1  | 8  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 1  | 8  | 45  | 48   |
|  | Presión y eliminación de la cobertura vegetal                                      | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 58  | 54   |
| Cobertura Vegetal                                | Generación de patologías vegetales   | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 21  | 19   |
| Fauna  | Ahuyentamiento de la fauna   | 4  | 1  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 4  | 35  | 33   |
| Acopio y almacenamiento de combustibles líquidos |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                             | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 1  | 1  | 4  | 4  | 1  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 25  | 19   |
|  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 8  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 57  | 58   |
| Suelo  | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4  | 1  | 8  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 1  | 8  | 45  | 48   |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010

**Tabla B-8.:** GECELCA 3. Valoración impactos Uso y disposición de aguas - Generación de Energía - Manejo y disposición de ceniza y otros subproductos

| Uso y disposición de aguas                          |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente Ambiental                                | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales domésticas        | 8  | 1  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 54  | 52   |
|   | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8  | 1  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 54  | 52   |
|   | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      | 8  | 1  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 54  | 52   |
| Generación de Energía                               |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                                | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Atmosférico   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de gases de combustión a la atmósfera  | 4  | 4  | 8  | 4  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 47  | 45   |
|   | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 4  | 8  | 4  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 47  | 45   |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1  | 1  | 8  | 2  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 30  | 30   |
| Hídricos  | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      | 8  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 57  | 58   |
| Paisaje   | Modificación de la calidad del fondo intrínseco                                    | 4  | 2  | 12 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 1  | 4  | 53  | 52   |
| Cobertura Vegetal                                   | Generación de patologías vegetales   | 4  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 41  | 39   |
| Fauna   | Ahuyentamiento de la fauna   | 1  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 4  | 32  | 30   |
|   | Alteración de la calidad hidrobiológica de las aguas                               | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 44  | 42   |
| Demográfico   | Cambio en la dinámica poblacional  | 4  | 2  | 8  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 48  | 42   |
|   | Cambio en la accidentalidad  | 4  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 1  | 34  | 27   |
|   | Riesgo de afectaciones a la salud  | 4  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 46  | 42   |
| Política organizativo                               | Generación de expectativas   | 4  | 2  | 8  | 4  | 4  | 2  | 4  | 1  | 4  | 4  | 47  | 43   |
| Manejo y disposición de ceniza y otros subproductos |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
| Componente Ambiental                                | Impacto ambiental  | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Aire  | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4  | 1  | 8  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 44  | 40   |
| Hídrico   | Alteración de la calidad del agua por aporte de aguas residuales industriales      | 8  | 4  | 8  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 4  | 57  | 58   |
| Suelo   | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4  | 1  | 8  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 1  | 8  | 45  | 48   |
|   | Generación de patologías vegetales   | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 21  | 19   |
| Cobertura vegetal                                   | Cambio Presión y eliminación de la cobertura vegetal                               | 8  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 5  | 4  | 59  | 54   |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010

**Tabla B-9.:** GECELCA 3. Valoración impactos de Desmantelamiento de la central - Manejo y disposición de residuos - Manejo y disposición de residuos

| <b>Desmantelamiento de la central</b>   |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <b>Componente Ambiental</b>             | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire                                    | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 4         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 28         | 25          |
| Paisaje                                 | Modificación de la fragilidad visual   | 4         | 2         | 4         | 2         | 4         | 4         | 1         | 4         | 1         | 2         | 38         | 37          |
| Demográfico                             | Cambio en la dinámica poblacional  | 4         | 2         | 1         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 1         | 2         | 36         | 35          |
|   | Riesgo de afectaciones a la salud  | 4         | 2         | 1         | 1         | 2         | 2         | 1         | 4         | 1         | 1         | 29         | 28          |
| Espacial                                | Cambio demanda de servicios públicos   | 1         | 12        | 8         | 4         | 4         | 2         | 1         | 4         | 1         | 8         | 59         | 62          |
| Económico                               | Cambio en la oferta de bienes y servicios  | 4         | 2         | 2         | 4         | 4         | 2         | 1         | 4         | 1         | 4         | 38         | 37          |
|   | Cambio precios de bienes y servicios   | 1         | 2         | 8         | 1         | 2         | 1         | 1         | 1         | 1         | 2         | 24         | 24          |
|   | Cambio ingresos públicos   | 4         | 2         | 4         | 4         | 4         | 2         | 4         | 4         | 4         | 4         | 46         | 42          |
| <b>Manejo y disposición de residuos</b> |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>             | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire                                    | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 4         | 1         | 1         | 4         | 2         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 37         | 33          |
| Hídrico                                 | Alteración de la calidad del agua por aporte de sedimentos                         | 8         | 4         | 8         | 2         | 2         | 2         | 2         | 4         | 1         | 4         | 57         | 58          |
| Suelo                                   | Pérdida capa superficial suelo y potencial agrológico                              | 4         | 1         | 8         | 4         | 4         | 1         | 1         | 4         | 1         | 8         | 45         | 48          |
| <b>Reconformación morfológica</b>       |  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |             |
| <b>Componente Ambiental</b>             | <b>Impacto ambiental</b>   | <b>IN</b> | <b>EX</b> | <b>MO</b> | <b>PE</b> | <b>RV</b> | <b>SI</b> | <b>AC</b> | <b>EF</b> | <b>PR</b> | <b>MC</b> | <b>Imp</b> | <b>Imp*</b> |
| Aire                                    | Deterioro de la calidad de aire por emisión de material particulado a la atmósfera | 1         | 4         | 4         | 2         | 1         | 2         | 1         | 4         | 2         | 1         | 28         | 25          |
|   | Incremento en el nivel de ruido  | 1         | 1         | 8         | 1         | 1         | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         | 29         | 30          |

Fuente: Elaboración propia a partir de Gecelca 2010 y Martínez 2010







## C. Anexo: Identificación y Valoración impactos ambientales SIEPAC

Tabla C-1.: Identificación de Impactos SIEPAC-Panamá Construcción

| Medio   | Componente               | Impacto  | Actividades en construcción   |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|---|--------------------------|--|---|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|-------------------|--|--|--|--|--|
|   |                          |  | Ubicación de instalaciones auxiliares                               | Contratación de mano de obra | Desbroce para zapatas | Apertura de caminos de acceso | Movimiento de tierras | Excavación y construcción de zapatas | Uso y mantenimiento de maquinaria | Disposición de exceso de suelo | Podas y/o talas en franja de seguridad | Montaje de apoyos y aisladores | Tendido de cables |  |  |  |  |  |
| Físico  | Inerte                   | Suelo  | Generación de procesos erosivos                                     |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Ocupación del suelo   |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Disminución de la capacidad de infiltración del suelo               |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Compactación del suelo  |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Aumento en la inestabilidad de laderas                              |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   | Aire                     | Hidrología e hidrogeología                                     | Generación de emisiones de material particulado y gases             |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Alteración de la hidrología superficial                             |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   | Geología y geomorfología | Ruido  | Disminución de la tasa de recarga y alteración de la red de drenaje |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Alteración de unidades geomorfológicas                              |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   | Calidad de Aguas         | Percept  | Aumento de emisiones acústicas                                      |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Contaminación de aguas subterráneas                                 |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   | Biotico                  | Flora y Vegetación   | Variación de la calidad de las aguas superficiales                  |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          |  | Eliminación de la cubierta vegetal                                  |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          | Fauna  | Fragmentación de ecosistemas  |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
| Disminución de las especies terrestres y desplazamiento de individuos |                          |  |   |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
| Paisaje y Estética  | Socio cultural           | Alteración de hábitat para la fauna y perturbación de la fauna |   |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          | Alteración de la calidad y fragilidad visual                   |   |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
| Socio económico y cultural  | Socio cultural           | Patrimonio Cultural  | Afección de sitios culturales y patrimoniales                       |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          | Calidad de vida  | Molestias y cambios en la calidad de vida de la población           |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          | Infraestructuras y servicios                                   | Efectos sobre infraestructura local                                 |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          | Patrón de uso de suelo   | Cambios en el patrón de uso del suelo                               |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   | Económico                | Sociedad y nivel de empleo                                     | Aumento del nivel de empleo e inmigraciones                         |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |
|   |                          | Migración de población   |   |                              |                       |                               |                       |                                      |                                   |                                |  |                                |                   |  |  |  |  |  |

Fuente: Elaboración propia a partir de SIEPAC

**Tabla C-2.: Identificación de Impactos SIEPAC-Panamá Operación**

|                            |  |   | Actividades en operación                                       |                                       |                           |  |
|----------------------------|--|---|--|---------------------------------------|---------------------------|--|
|                            |  |   | Presencia de infraestructura eléctrica                         | Operación de la línea de alta tensión | Mantenimiento de la línea |  |
| Medio                      | Componente   | Impacto   |  |                                       |                           |  |
| Físico                     | Inerte   | Aire  | Emisión de ozono y maquinaria de mantenimiento                 |                                       |                           |  |
|                            |  | Ruido   | Aumento de emisiones acústicas (efecto Corona, maquinaria)     |                                       |                           |  |
|                            | Biotico  | Flora y Vegetación                              | Pérdida de ecosistemas   |                                       |                           |  |
|                            |  |   | Afectación somera a la vegetación en el área de la servidumbre |                                       |                           |  |
|                            |  | Fauna   | Alteración de hábitat  |                                       |                           |  |
|                            | Afectación de los sitios de nidificación dentro del área de la servidumbre |   |  |                                       |                           |  |
| Percept                    | Paisaje y Estética   | Alteración de la calidad y fragilidad visual    |  |                                       |                           |  |
| Socio económico y cultural | Socio cultural   | Calidad de vida                                 | Cambio de condiciones de vida de la población                  |                                       |                           |  |
|                            |  | Infraestructura local                           | Efectos sobre infraestructura local                            |                                       |                           |  |
|                            |  |   | Efectos sobre infraestructura privada                          |                                       |                           |  |
|                            |  | Patrón de uso de suelo                          | Cambio del patrón de uso de suelo                              |                                       |                           |  |
|                            |  | Cambios en el valor comercial de la tierra      |  |                                       |                           |  |
|                            | Campos electromagnéticos   | Campos electromagnéticos y radio interferencias |  |                                       |                           |  |
|                            | Valor de la tierra   | Cambio en el valor comercial de la tierra       |  |                                       |                           |  |
| Económico                  | Socio economía y nivel de empleo   | Cambio en las condiciones socioeconómicas       |  |                                       |                           |  |
|                            |  | Migración de la población                       |  |                                       |                           |  |

Fuente: Elaboración propia a partir de SIEPAC

Tabla C-3.: Comparación valoración impactos construcción SIEPAC-Panamá

| SIEPAC Valoración impactos etapa Construcción |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente                                    | Impacto  | SG | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Suelo   | Ocupación del suelo  | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -32 | -26  |
|   | Generación de proceso erosivos   | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | 4  | -39 | -37  |
|   | Disminución de la capacidad de infiltración del suelo                          | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -31 | -30  |
|   | Compactación del terreno   | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -31 | -30  |
|   | Aumento en la inestabilidad de las laderas                                     | -  | 4  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 4  | -32 | -33  |
| Aire  | Deterioro de la calidad del aire por incremento en la emisión de polvo y gases | -  | 1  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | -20 | -18  |
| Hidrología e Hidrogeología                    | Alteraciones en la hidrología superficial                                      | -  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -23 | -22  |
|   | Disminución de la tasa de recarga y alteración de la red de drenaje            | -  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 4  | -38 | -36  |
| Geología y Geomorfología                      | Alteración de unidades geomorfológicas   | -  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | -35 | -33  |
| Ruido   | Aumento de emisiones acústicas   | -  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  | -22 | -21  |
| Calidad de agua                               | Variación de la calidad de aguas superficiales                                 | -  | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | 2  | -23 | -21  |
|   | Contaminación de aguas subterráneas  | -  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 2  | 4  | -39 | -39  |
| Flora y Vegetación                            | Eliminación de la cubierta vegetal   | -  | 4  | 2  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 2  | -39 | -33  |
|   | Fragmentación de ecosistemas   | -  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 2  | -38 | -37  |
| Fauna   | Disminución de especies terrestres y desplazamiento de individuos              | -  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | -42 | -40  |
|   | Alteración de hábitat y perturbación de la fauna                               | -  | 4  | 1  | 4  | 2  | 4  | 2  | 4  | 4  | 2  | 4  | -40 | -40  |
| Paisaje y Estética                            | Alteración de la calidad y fragilidad visual                                   | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 8  | -48 | -48  |
| Patrimonio Cultural                           | Afección a lugares culturales y patrimoniales                                  | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 1  | 8  | -37 | -40  |
| Calidad de Vida                               | Cambios y variaciones en la calidad de vida de la población                    | -  | 1  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 2  | -23 | -22  |
| Infraestructura y Servicios                   | Efectos sobre la infraestructura local   | -  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 4  | -24 | -22  |
| Patrón de Uso del Suelo                       | Cambios en el patrón de uso de suelo   | -  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -27 | -21  |
| Socioeconomía y Nivel de Empleo               | Incremento de empleo   | +  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 2  | 2  | 32  | 30   |
|   | Migración de la población  | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -24 | -23  |

Fuente: Elaboración propia a partir de SIEPAC

Tabla C-4.: Comparación valoración impactos operación SIEPAC-Panamá

| SIEPAC Valoración impactos etapa CdYfUMCB |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Componente                                | Impacto  | SG | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Calidad del Aire                          | Emisiones de ozono, SF6 y de maquinaria de mantenimiento                   | -  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 4  | -24 | -26  |
| Ruido                                     | Aumento de emisiones acústicas   | -  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  | -22 | -21  |
| Flora y Vegetación                        | Pérdida de ecosistemas   | -  | 1  | 1  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 4  | 4  | 8  | -36 | -36  |
|   | Afectación somera de la vegetación que crece en la servidumbre             | -  | 1  | 1  | 4  | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | -23 | -21  |
| Fauna                                     | Alteración de hábitat  | -  | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 2  | 2  | -26 | -24  |
|   | Afectación en los sitios de nidificación dentro del área de la servidumbre | -  | 1  | 1  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | -20 | -17  |
|   | Disminución de especies terrestres   | -  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | -19 | -17  |
| Paisaje y Estética                        | Alteración de la calidad y fragilidad visual                               | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 8  | -48 | -48  |
| Calidad de Vida                           | Cambios y variaciones en la calidad de vida de la población                | -  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 4  | -24 | -22  |
| Infraestructura local                     | Efectos sobre la infraestructura local                                     | +  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  | 36  | 32   |
|   | Efecto sobre la infraestructura privada                                    | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 2  | 1  | -24 | -21  |
| Patrón de Uso del suelo                   | Cambios en el patrón de uso de suelo                                       | -  | 4  | 2  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 4  | -40 | -36  |
|   | Cambios en el valor de la tierra   | -  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -27 | -21  |
| Campos electro-magnéticos                 | Alteración en la salud humana  | -  | 1  | 2  | 2  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 4  | 8  | -35 | -35  |
| Socioeconomía y Nivel de empleo           | Incremento de empleo   | +  | 4  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 35  | 33   |
|   | Migración de la población  | -  | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -21 | -20  |

Fuente: Elaboración propia a partir de SIEPAC



## D. Anexo: Identificación y Valoración impactos ambientales CHAGLLA







Tabla D-3.: Comparación valoración impactos construcción CHAGLLA

| CHAGLLA Valoración impactos etapa Construcción   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |      |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Impacto  | SG | IN | EX | MO | PE | RV | SI | AC | EF | PR | MC | Imp | Imp* |
| Alteración de la calidad del aire  | -  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | -31 | -29  |
| Generación de nivel sonoro   | -  | 4  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | -33 | -29  |
| Cambio de uso de suelos  | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -29 | -26  |
| Erosión de suelos ribereños  | -  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | -23 | -20  |
| Riesgo de contaminación de suelos  | -  | 2  | 2  | 2  | 4  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | -28 | -27  |
| Compactación de suelos   | -  | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -26 | -25  |
| Riesgo de modificación de estabilidad de talud   | -  | 4  | 2  | 4  | 4  | 1  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | -40 | -36  |
| Riesgo de contaminación de agua superficial  | -  | 4  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 4  | -40 | -39  |
| Perdida y/o remoción de individuos de especies de vegetación                               | -  | 2  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | -38 | -32  |
| Alteración de hábitat y ahuyentamiento temporal de individuos de fauna silvestre terrestre | -  | 2  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 4  | -29 | -30  |
| Alteración local del hábitat del acuático  | -  | 4  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -30 | -29  |
| Alteración del paisaje local   | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | -44 | -38  |
| Alteración del normal tránsito peatonal  | -  | 4  | 4  | 4  | 4  | 1  | 2  | 4  | 1  | 4  | 2  | -42 | -36  |
| Riesgo de afectación a la salud del trabajador   | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 8  | -28 | -33  |
| Riesgo de accidente del trabajador   | -  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | -24 | -21  |
| Riesgo de sobre expectativas de la población   | -  | 2  | 4  | 1  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | -26 | -23  |
| Riesgo de divergencias con propietarios de predio  | -  | 4  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 2  | -31 | -28  |
| Inmigración de población (empleo y/o comercio)   | -  | 2  | 4  | 2  | 2  | 1  | 2  | 4  | 1  | 1  | 4  | -31 | -32  |
| Riesgo de alteración del orden público   | -  | 2  | 2  | 1  | 4  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | -23 | -20  |
| Generación de empleo   | +  | 12 | 8  | 2  | 4  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 2  | 76  | 72   |
| Generación de empleos indirectos   | +  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | 33  | 31   |
| Mejora de la actividad comercial local   | +  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | 33  | 31   |
| Mejora de infraestructura de accesos viales y servicios                                    | +  | 8  | 4  | 4  | 2  | 1  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 55  | 51   |

Fuente: Elaboración propia a partir EsIA Chaglla

**Tabla D-4.: Comparación valoración impactos operación y abandono CHAGLLA**

| <b>CHAGLLA Valoración impactos etapa Operación</b>                       |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |     |     |
|--|---|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| Incremento del nivel de ruido  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | -25 | -22 |
| Contribución en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero | + | 12 | 12 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 83  | 79  |
| Modificación microclimática local  | - | 2  | 4  | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | -37 | -33 |
| Cambio de uso de suelos  | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -48 | -42 |
| Riesgo de contaminación del suelo  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -25 | -22 |
| Erosión y/o socavación de suelos ribereños                               | - | 2  | 2  | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | -24 | -23 |
| Control de la erosión de suelo ribereño                                  | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | -40 | -36 |
| Alteración de la calidad del agua  | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -44 | -40 |
| Disminución de caudal en sección de río                                  | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -45 | -39 |
| Afianzamiento hídrico  | + | 4  | 4  | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 45  | 39  |
| Pérdida de cobertura vegetal   | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -48 | -42 |
| Alteración del hábitat de especies de vegetación                         | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | -43 | -41 |
| Alteración del hábitat de fauna silvestre terrestre                      | - | 4  | 4  | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | -39 | -36 |
| Alteración en la comunidad acuática                                      | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | -44 | -42 |
| Alteración del paisaje local   | - | 4  | 4  | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | -44 | -40 |
| Generación de empleos  | + | 2  | 4  | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 35  | 29  |
| Incremento de energía eléctrica al SEIN                                  | + | 8  | 12 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 73  | 67  |
| Incremento en la generación de ingresos fiscales y de canon              | + | 4  | 8  | 4 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 48  | 44  |
| Dinamización del comercio y servicios                                    | + | 4  | 4  | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 36  | 32  |
| <b>CHAGLLA Valoración impactos etapa Abandono</b>                        |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |     |     |
| Incremento del nivel de ruido  | - | 2  | 2  | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | -27 | -23 |
| Alteración de la calidad del aire  | - | 2  | 2  | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | -25 | -23 |
| Riesgo de contaminación de suelos  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | -27 | -26 |
| Alteración de la calidad del agua  | - | 4  | 4  | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | -41 | -41 |
| Ahuyentamiento temporal de individuos de fauna silvestre                 | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -22 | -19 |
| Recuperación del paisaje local   | - | 4  | 4  | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | -39 | -35 |
| Riesgo de accidente laboral  | - | 2  | 2  | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -22 | -19 |
| Disminución de la oferta energía eléctrica al SEIN                       | + | 4  | 12 | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 58  | 52  |
| Disminución de ingresos fiscales y/o de canon                            | - | 4  | 8  | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | -44 | -41 |
| Generación de empleos  | + | 2  | 2  | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 29  | 23  |

Fuente: Elaboración propia a partir EsIA Chaglla



## E. Anexo: Proyectos inscritos en la UPME

**Tabla E-1.:** Proyectos expansión de generación

| <b>Nombre</b> | <b>MW</b> | <b>Tipo</b> | <b>Fecha</b> | <b>Ubicación</b>            |
|---------------|-----------|-------------|--------------|-----------------------------|
| Amoyá         | 78        | Hidro       | Dic.2014     | Chaparral (Tolima)          |
| Termocol      | 202       | Gas         | Dic.2012     | Santa Marta (Magdalena)     |
| Cucuana       | 60        | Hidro       | Dic.2014     | Roncesvalles (Tolima)       |
| Gecelca       | 150       | Carbón      | Dic.2012     | Puerto Libertador (Córdoba) |
| El Quimbo     | 420       | Hidro       | Dic.2014     | Gigante-Garzón (Huila)      |
| Sogamoso      | 800       | Hidro       | Dic.2014     | Betulia- Girón (Santander)  |
| Ituango       | 1200      | Hidro       | Dic.2018     | Ituango (Antioquia)         |

Fuente: PERGT2012-2025 [187]

Nota: Los proyectos Miel II y Porce IV no se tuvieron en cuenta por sus respectivas declaratorias de suspensión

**Tabla E-2.:** Proyectos expansión de transmisión

| <b>Proyecto</b>   | <b>Año</b> |
|---|------------|
| SE El Bosque 220kV. Apertura línea Bolívar - Ternera a 220kV.             | 2013       |
| SE Armenia 230kV. Reconfiguración línea Hermosa - Virginia 230 KV         | Nov. 2013  |
| SE Nueva Esperanza 500/230kV  | 2013       |
| Sogamoso 500/230 kV. Líneas para conexión de S/E Sogamoso.                | Jun.2013   |
| Alférez 230kV. Nueva SE y reconfiguración líneas. Espacio para El Quimbo. | Nov.2013   |
| Corredor de línea a 230kV Chivor - Chivor II - Norte - Bacatá             | Nov.2013   |
| Quimbo 230kV. Líneas de conexión de la central.                           | Ago.2014   |
| Porce IV 500 kV. Subestación a 500KV y reconfiguración de líneas.         | Oct.2014   |
| Línea Chivor-Norte-Bacatá   | 2015       |

Fuente: PERGT2012-2025 [187]



## F. Anexo: Lista de Abreviaturas

|                |   |
|----------------|---|
| <b>AAP</b>     | Autorización Ambiental Previa (Uruguay)                               |
| <b>AC</b>      | Acumulación. (Criterio Metodología Cualitativa)                       |
| <b>ACSR</b>    | Aluminum Conductor, Steel Reinforced                                  |
| <b>AGC</b>     | Automatic Generation Control  |
| <b>AMI</b>     | Advanced Metering Infrastructure                                      |
| <b>ANDE</b>    | Administración Nacional de Electricidad (Paraguay)                    |
| <b>ANLA</b>    | Autoridad Nacional de Licencias Ambientales                           |
| <b>APP</b>     | African Power Pools   |
| <b>CA</b>      | Calidad Ambiental   |
| <b>CAB</b>     | Convenio Andrés Bello   |
| <b>CAC</b>     | Comité Asesor de Comercialización                                     |
| <b>CAR</b>     | Corporación Autónoma Regional   |
| <b>CC</b>      | Centro de Control   |
| <b>CCA</b>     | Control de Calidad Ambiental (Bolivia)                                |
| <b>CCS</b>     | Carbon Capture and Storage  |
| <b>CEAA</b>    | Canadian Environmental Assessment Act                                 |
| <b>CEPA</b>    | Canadian Environmental Protection Act                                 |
| <b>CEQ</b>     | Council on Environmental Quality (USA)                                |
| <b>CFL</b>     | Compact Fluorescent Lamp  |
| <b>CIDET</b>   | Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico |
| <b>CIS</b>     | Customer Information System.  |
| <b>CMS</b>     | Crew Management System  |
| <b>CND</b>     | Centro Nacional de Despacho   |
| <b>CNO</b>     | Consejo Nacional de Operación   |
| <b>CNYRPAB</b> | Central New York Regional Planning and Development Board              |
| <b>CONAMA</b>  | Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil)                           |
| <b>CONELEC</b> | Consejo Nacional de Electricidad (Ecuador)                            |
| <b>CREG</b>    | Comisión de Regulación de Energía y Gas                               |
| <b>CSC</b>     | Thyristor Controlled Series Compensators                              |
| <b>CSMEM</b>   | Comité de Seguimiento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica      |
| <b>DAA</b>     | Diagnostico Ambiental de Alternativas                                 |
| <b>DIA</b>     | Declaración de Impacto Ambiental (Bolivia)                            |
| <b>DMS</b>     | Distribution Management System  |
| <b>DNP</b>     | Departamento Nacional de Planeación                                   |
| <b>EAE</b>     | Evaluación Ambiental Estratégica                                      |
| <b>EARP</b>    | Environmental Assessment and Review Process (Canadá)                  |
| <b>EDF</b>     | Électricité de France   |
| <b>EEIA</b>    | Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (Bolivia)                  |
| <b>EF</b>      | Efecto. (Criterio Metodología Cualitativa)                            |
| <b>EIA</b>     | Evaluación de Impacto Ambiental                                       |
| <b>EIAD</b>    | Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (Ecuador)                     |
| <b>EIS</b>     | Environmental Impact Assessment                                       |
| <b>EMS</b>     | Energy Management System  |
| <b>ENRE</b>    | Ente Nacional Regulador de la Electricidad (Argentina)                |
| <b>EPA</b>     | Environmental Protection Agency (USA)                                 |

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>EPM</b>      | Empresas Públicas de Medellín   |
| <b>ERA</b>      | Estudio de Riesgo Ambiental   |
| <b>ESA</b>      | Encargado Seguimiento Ambiental   |
| <b>ESCAP</b>    | United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific      |
| <b>EsIA</b>     | Estudio de Impacto Ambiental  |
| <b>EvIA</b>     | Evaluación de Impacto Ambiental (Paraguay)                                  |
| <b>EX</b>       | Extensión. (Criterio Metodología Cualitativa)                               |
| <b>FERC</b>     | Federal Energy Regulatory Commission  |
| <b>FONSI</b>    | Finding of No Significant Impact  |
| <b>FPA</b>      | Federal Power Act   |
| <b>GD</b>       | Generación Distribuida  |
| <b>GEI</b>      | Gases Efecto Invernadero  |
| <b>GIS</b>      | Geographical Information System   |
| <b>HVAC</b>     | High Voltage Alternating Current  |
| <b>HVDC</b>     | High Voltage Direct Current. Alta Tensión Continua                          |
| <b>IBAMA</b>    | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis    |
| <b>IDEAM</b>    | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia    |
| <b>IEA</b>      | International Energy Agency   |
| <b>IGA</b>      | Indicador Gestión ambiental   |
| <b>IIASA</b>    | International Institute for Applied Systems Analysis                        |
| <b>IN</b>       | Intensidad. (Criterio Metodología Cualitativa)                              |
| <b>INDERENA</b> | Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente      |
| <b>IP</b>       | Informe Preventivo (México)   |
| <b>LGA</b>      | Ley de Gestión Ambiental (Ecuador)  |
| <b>LGEEPA</b>   | Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (México)      |
| <b>LI</b>       | Licencia Instalación (Brasil)   |
| <b>LNG</b>      | Liquefied Natural Gas   |
| <b>LO</b>       | Licencia Operación (Brasil)   |
| <b>LP</b>       | Licencia Preliminar (Brasil)  |
| <b>MADS</b>     | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible                              |
| <b>MAVDT</b>    | Ministerio de Ambiente, Vivienda, Desarrollo Territorial                    |
| <b>MC</b>       | Recuperabilidad. (Criterio Metodología Cualitativa)                         |
| <b>MEM</b>      | Mercado de Energía Mayorista  |
| <b>MIA</b>      | Manifestación de Impacto Ambiental (México)                                 |
| <b>MME</b>      | Ministerio de Minas y Energía   |
| <b>MO</b>       | Momento. (Criterio Metodología Cualitativa)                                 |
| <b>MOPU</b>     | Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (España)                           |
| <b>MVOTMA</b>   | Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Uruguay) |
| <b>NEPA</b>     | National Environmental Policy Act   |
| <b>NPCE</b>     | Constitución Política del Estado (Bolivia)                                  |
| <b>OMS</b>      | Outage Management System  |
| <b>PC</b>       | Planta Carboeléctrica   |
| <b>PCB</b>      | Bifenilos policlorados  |
| <b>PE</b>       | Persistencia. (Criterio Metodología Cualitativa)                            |
| <b>P-EIA</b>    | Estudio de Impacto Ambiental Particular (México)                            |
| <b>PEN</b>      | Plan Energético Nacional  |
| <b>PERGT</b>    | Plan de Expansión de Referencia de Generación - Transmisión                 |
| <b>PERGT</b>    | Plan de Expansión de Referencia Generación Transmisión                      |
| <b>PMA</b>      | Plan de Manejo Ambiental  |
| <b>PND</b>      | Plan Nacional de Desarrollo   |
| <b>PR</b>       | Periodicidad. (Criterio Metodología Cualitativa)                            |
| <b>PROFEPA</b>  | Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (México)                     |
| <b>PVA</b>      | Programa de Vigilancia Ambiental  |



---

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>RAAE</b>     | Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas (Ecuador)            |
| <b>RDC</b>      | República Democrática del Congo                                       |
| <b>REE</b>      | Red Eléctrica de España   |
| <b>REIA</b>     | Reporte de Estudio de Impacto Ambiental (REIA),                       |
| <b>R-EIA</b>    | Estudio de Impacto Ambiental Regional (México)                        |
| <b>RIMA</b>     | Relatório de Impacto Ambiental (Brasil)                               |
| <b>RPCA</b>     | Prevención y Control Ambiental (Bolivia)                              |
| <b>RV</b>       | Reversibilidad. (Criterio Metodología Cualitativa)                    |
| <b>SADC</b>     | Southern African Development Community                                |
| <b>SAIEA</b>    | Southern African Institute for Environmental Assessment               |
| <b>SAPP</b>     | Southern African Power Pool   |
| <b>SCADA</b>    | Supervisory Control and Data Acquisition System                       |
| <b>SDL</b>      | Sistema de Distribución Local   |
| <b>SE</b>       | Subestación   |
| <b>SEAM</b>     | Secretaria del Ambiente (Paraguay)                                    |
| <b>SEIA</b>     | Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Perú)            |
| <b>SEMARNAT</b> | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México)            |
| <b>SI</b>       | Sinergia. (Criterio Metodología Cualitativa)                          |
| <b>SIN</b>      | Sistema Interconectado Nacional                                       |
| <b>SIEPAC</b>   | Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central   |
| <b>SSPD</b>     | Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios                  |
| <b>STATCOMS</b> | Static Compensators   |
| <b>STN</b>      | Sistema de Transmisión Nacional                                       |
| <b>SUMA</b>     | Sistema Único de Manejo Ambiental (Ecuador)                           |
| <b>SVC</b>      | Static VAr Compensators   |
| <b>TCS</b>      | Trouble Call Systems  |
| <b>TIE</b>      | Transacciones Internacionales de Electricidad                         |
| <b>TULAS</b>    | Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (Ecuador)         |
| <b>UNECE</b>    | United Nations Economic Commission for Europe                         |
| <b>UNEP</b>     | United Nations Environment Programme                                  |
| <b>UPB</b>      | Universidad Pontificia Bolivariana                                    |
| <b>UPFC</b>     | Unified Power Flow Controller   |
| <b>UPME</b>     | Unidad de Planeación Minero Energética                                |
| <b>UTE</b>      | Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (Uruguay) |
| <b>XM</b>       | Compañía de Expertos en Mercados                                      |



# Bibliografía

- [1] Administración Nacional de Electricidad. *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Construcción de la Subestación Eusebio Ayala*. ANDE, 2006.
- [2] Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE). [www.ute.com.uy/](http://www.ute.com.uy/).
- [3] Balsam Ahmad and Christopher Wood. A comparative evaluation of the eia systems in egypt, turkey and tunisia. *Environmental Impact Assessment Review*, 22(3):213 – 234, 2002.
- [4] Rita Albergaria and Teresa Fidelis. Transboundary eia: Iberian experiences. *Environmental Impact Assessment Review*, 26(7):614 – 632, 2006.
- [5] Eike Albrecht. Implementing the espoo convention in transboundary eia between germany and poland. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(6):359 – 365, 2008.
- [6] A. Aldana, R. Cespedes, E. Parra, and C. Torres. Evolution of power to smart energy systems. In *Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America (T D-LA), 2010 IEEE/PES*, pages 616 –621, nov. 2010.
- [7] Laura Araujo Alves and Wadaed Uturbey. Environmental degradation costs in electricity generation: The case of the brazilian electrical matrix. *Energy Policy*, 38(10):6204 – 6214, 2010.
- [8] Ioannis Androulidakis and Ioannis Karakassis. Evaluation of the eia system performance in greece, using quality indicators. *Environmental Impact Assessment Review*, 26(3):242 – 256, 2006.
- [9] David Annandale. Developing and evaluating environmental impact assessment systems for small developing countries. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 19:187–193, 2001.
- [10] Jorge Alonso Arboleda Gonzalez. *Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales*. Empresas Públicas de Medellín, 2003.
- [11] ARGENTINA. Ley 24.065. (16, Enero, 1992). Regimen de la Energía Eléctrica. Boletín Oficial 27.306, 1992.
- [12] Atlantis Ingeniería & Consultoría. Estudio de impacto ambiental proyecto de electrificación de comunidades campesinas de lampá. Technical report, Ministerio de Energía y Minas, 2006.
- [13] AUMA. Impactos ambientales de la producción de electricidad. estudio comparativo de ocho tecnologías de generación eléctrica. Technical report, Asociación de productores de energías renovables.
- [14] Y. Barba-Gutiérrez, B. Adenso-Díaz, and M. Hopp. An analysis of some environmental consequences of european electrical and electronic waste regulation. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(3):481 – 495, 2008.

- [15] Adam Barker and Christopher Wood. An evaluation of eia system performance in eight eu countries. *Environmental Impact Assessment Review*, 19(4):387 – 404, 1999.
- [16] R. Barlett and P. Kurian. The theory of environmental impact assessment: implicit models of policy making. *Proj Appraisal*, 12:89 – 100, 1997.
- [17] L.A. Barroso, H. Rudrick, F. Sensfuss, and P. Linares. The green effect. *Power and Energy Magazine, IEEE*, 8(5):22 –35, sept.-oct. 2010.
- [18] Andrea Bassi, Robert Howard, Davide Geneletti, and Simone Ferrari. Uk and italian eia systems: A comparative study on management practice and performance in the construction industry. *Environmental Impact Assessment Review*, 34(0):1 – 11, 2012.
- [19] Bernstein Research. *US Utilities: The Implications of Carbon Dioxide Regulation*. BR, 2007.
- [20] R. Berti, F. Barberis, A. Colombo, F. Curcio, and M. Saottini. Research and experimental characterization of alternative materials to reduce the environmental impact of some electrical distribution equipment. In *Electricity Distribution, 2005. CIREN 2005. 18th International Conference and Exhibition on*, pages 1 –7, june 2005.
- [21] CED BID. Aplicación de la metodología integrada para la revisión de la evaluación de impacto ambiental en el ecuador. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2000.
- [22] A.K. Biswas, S.B.C. Agarwal, and India) Pollution Control Research Institute (Hardwar. *Environmental impact assessment for developing countries*. Butterworth-Heinemann, 1992.
- [23] S.W. Blume. *Electric power system basics: for the nonelectrical professional*. IEEE Press series on power engineering. Wiley-Interscience, 2007.
- [24] Luis A. Bojórquez-Tapia and Ofelia García. An approach for evaluating eias - deficiencies of eia in mexico. *Environmental Impact Assessment Review*, 18(3):217 – 240, 1998.
- [25] Simon Bolivar. *Doctrina del Libertador*. Fundacion Biblioteca Ayacucho, 5ta edition, 2005.
- [26] BOLIVIA. Decreto Supremo 24176. (8, Diciembre, 1995). Reglamento de Prevención y Control Ambiental., 1995. Modificaciones y complementos DS 24176/2006.
- [27] M.P. Buendía. *La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI: teorías, procesos, metodología*. Colección Ciencia. Fundamentos, 2002.
- [28] Burgeao and Phénixa. Actualisation de l'étude d'impact sur l'environnement de projet de la centrale thermo-solaire d'ain beni mathar. Technical report, Office National de l'Electricité, 2007.
- [29] Patricia Camporeale and Gautam Dutt. Impacto ambiental de los sistemas de iluminación. Technical report, Universidad Tecnológica Nacional, 2006.
- [30] Canada. Environment Canada. *A guide to understanding the Canadian Environmental Protection Act, 1999*. Environment Canada, 2004.

- [31] L.W. Canter, B. Sadler, University of Oklahoma. Environmental, Ground Water Institute, Institute of Environmental Assessment (Great Britain), and International Association for Impact Assessment. *A tool kit for effective EIA practice: review of methods and perspectives on their application*. Environmental and Ground Water Institute, University of Oklahoma, 1997.
- [32] R. Carson. *Silent spring*. Mariner books. Houghton Mifflin, 2002.
- [33] James Cavallo, Ross Hemphill, and Thomas Veselka. Irp methods for environmental impact statements of utility expansion plans. Technical report, Environmental Assessment and Information Sciences Division, Argonne National Laboratory, 1992.
- [34] Centro de Estudios del Medio Ambiente CEMA. Estudio de impacto ambiental expost por la relocalización de la subestación eléctrica ceibos. Technical report, Eléctrica de Guayaquil, 2009.
- [35] A. Cherp. *Environmental Assessment in Countries in Transition*. PhD thesis, University of Manchester, Faculty of Arts, Manchester, 1999// 1999. exported from rebase (<http://www.bibliography.ceu.hu/show.php?record=1878>), last updated on Fri, 12 Jun 2009 16:07:52 +0200.
- [36] A. Cherp. Ea legislation and practice in central and eastern europe and the former ussr: A comparative analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 21(4):335 – 361, 2001.
- [37] B.D. Clark, K. Chapman, R. Bisset, and P. Wathern. Methods of environmental impact analysis. *Built Environment*, pages 111–121, 1978.
- [38] Code de l'environnement. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichcode.do?cidtexte=legitext000006074220>. Legifrance. FRANCIA.
- [39] Andrés Cofré and Ricardo Larraín. Desarrollo del Sector Eléctrico en Paraguay y Ecuador., 1999.
- [40] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, sina, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 41146. Bogotá D., 1993.
- [41] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 143 (11, julio, 1994). por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. Diario Oficial 41434. Bogotá D., 1994.
- [42] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 842 (9, octubre, 2003). por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el código de etica profesional y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 45340. Bogotá D., 2003.
- [43] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1444 (4, mayo, 2011) Por medio de la cual se escinden unos ministerios, se otorgan precisas facultades extraordinarias al presidente

de la república para modificar la estructura de la administración pública y la planta de personal de la fiscalía general de la nación y se dictan otras disposiciones., 2011.

- [44] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía ambiental para proyectos carboeléctricos, 1998.
- [45] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía ambiental para el subsector hidroeléctrico, 1999.
- [46] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía ambiental para proyectos de transmisión de energía eléctrica, 1999.
- [47] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía ambiental para termoeléctricas y procesos de cogeneración (parte aire y ruido), 1999.
- [48] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1220 (21, abril, 2005). por el cual se reglamenta el título viii de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Diario Oficial 45890. Bogotá DC, 2005.
- [49] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1023 (28, julio, 2005). por la cual se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación. Diario Oficial 45990. Bogotá DC, 2005.
- [50] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía ambiental para proyectos de distribución eléctrica, 2006.
- [51] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2820 (5, agosto, 2010). por el cual se reglamenta el título viii de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Diario Oficial 47792. Bogotá DC, 2010.
- [52] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. MAVDT, 2010.
- [53] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3570 (27, septiembre, 2011). por el cual se modifican los objetivos y la estructura del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y se integra el sector administrativo de ambiente y desarrollo sostenible. Diario Oficial 48205. Bogotá DC, 2011.
- [54] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3573 (27, septiembre, 2011). por el cual se crea la autoridad nacional de licencias ambientales -anla- y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 48205. Bogotá DC, 2011.
- [55] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE y CONVENIO ANDRES BELLO. Manual de evaluación de estudios ambientales: criterios y procedimientos. MAVDT y CAB, 2002.
- [56] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE y CONVENIO ANDRES BELLO. Manual de seguimiento ambiental de proyectos: criterios y procedimientos. MAVDT y CAB, 2002.

- 
- [57] COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 180947 (8, Junio, 2010). Por medio de la cual se adopta el factor de emisión de gases con efecto invernadero para los proyectos de generación de energía eléctrica conectados al Sistema Interconectado Nacional. Diario Oficial 47734. Bogotá DC, 2010.
- [58] Comité de Seguimiento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica. Problemática del desarrollo de la infraestructura del sector eléctrico - informe no. 68 - 2012. Technical report, Superintendencia de Servicios Públicos, 2012.
- [59] Vicente Conesa Fernández-Vítora. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, 2010.
- [60] Consultores Empresariales Asociados. Estudio de impacto ambiental reubicación y modernización de la subestación matagalpa. Technical report, Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica, 2009.
- [61] Corbantrade. Estudio de impacto ambiental definitivo. proyecto hidroeléctrico abanico. Technical report, Ecuador, 2003.
- [62] Council on Environmental Quality. *A citizen's guide to the NEPA: having your voice heard*. (U.S.), 2007.
- [63] Curba y Asociados. Estudio de impacto ambiental de la electrificación, línea y red primario de 8 localidades de tocache. Technical report, Perú, 2008.
- [64] F. Delea and J. Casazza. *Understanding Electric Power Systems: An Overview of the Technology, the Marketplace, and Government Regulation*. IEEE Press Understanding Science & Technology Series. John Wiley & Sons, 2011.
- [65] O. Dictionaries, M. Waite, and S. Hawker. *Oxford Paperback Dictionary & Thesaurus*. Oxford University Press, 2009.
- [66] Fabiano B. Diniz and Paulo H.T. Zannin. Calculation of noise maps around electrical energy substations. *Applied Acoustics*, 66(4):467 – 477, 2005.
- [67] F.B Diniz and P.H.T Zannin. Noise impact caused by electrical energy substations in the city of curitiba brazil. *Science of The Total Environment*, 328(1-3):23–31, 2004.
- [68] John Dixon, Lee Talbot, and Guy Le Moigne. Dams and the environment. considerations in world bank projects. Technical report, The World Bank.
- [69] C.H. Eccleston. *Environmental Impact Statements: A Comprehensive Guide to Project and Strategic Planning*. John Wiley & Sons, 2000.
- [70] ECUADOR. Decreto Ejecutivo No. 1761. (14, Agosto, 2001). Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas. Registro Oficial 396, 2001.
- [71] Efficacitas. Estudio de impacto ambiental definitivo proyecto hidroeléctrico coca codo sinclair, Mayo 2009.
- [72] Efficacitas Consultoría. Estudio de impacto ambiental definitivo. línea de transmisión eléctrica y subestación para la central hidroeléctrica baba. Technical report, Hidrolitoral, 2009.

- [73] Karma El-Fadl and Mutasem El-Fadel. Comparative assessment of eia systems in mena countries: challenges and prospects. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(6):553 – 593, 2004.
- [74] Empresas Públicas de Medellín. Estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico porce iii. Technical report, EPM, 2002.
- [75] ENDE. Estudio de evaluación de impacto ambiental analítico específico proyecto línea de transmisión 230 kv asociada central hidroeléctrica misicuni-santivañez. Technical report, Bolivia.
- [76] Energy Information Administration. Annual energy outlook 2011. Technical report, DOE, 2010.
- [77] ERM Perú. *Estudio de Impacto Ambiental de la Central Térmica Santo Domingo de los Olleros. Parte I*. Termochilca S.A.C., 2008.
- [78] ESPAÑA. Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (raminp), 1961. Aprobado por Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre (BOE nº 292 de 07.12.61).
- [79] Pedro Espinosa. Análisis de las medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Technical report, Universidad Pontificia Comillas, 2007.
- [80] Leu et al. Evaluation of environmental impact assessment in three southeast asian nations. *Policy Polit*, 27:415 – 434, 1999.
- [81] European Commission. Environmental Assessment. <http://ec.europa.eu/environment/eia/>.
- [82] European Union. Directive 2011/92/eu (13 december 2011) on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. Official Journal of the European Union, January 2012.
- [83] Federal Energy Regulatory Commission. <http://www.ferc.gov/industries/electric/enviro.asp>.
- [84] J.L.S. Fernández and F.J.T. Moreno. *El derecho ambiental en América del Norte y el sector eléctrico mexicano*. Serie E. Varios Series. Universidad Nacional Autónoma de México, 1997.
- [85] Samuel Robert Fishleigh. An examination of china's three gorges dam project based on the framework presented in the report of the world commission on dams. Technical report, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004.
- [86] Luis Gallego. *Modelamiento del Comportamiento de la Oferta de Energía Eléctrica en el Mercado Colombiano*. PhD thesis, Universidad Nacional de Colombia, 2008.
- [87] Ricardo Granados García. Generación de electricidad y medio ambiente: el reto de la sostenibilidad. *Anales de mecánica y electricidad*, pages nov–dic, 2005.
- [88] Elena Gavrilova. Manual de gestión de pcb. Technical report, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- [89] Gea Consultores-Ambientales and CSI ingenieros. Estudio de impacto ambiental interconexión eléctrica uruguay - brasil. Technical report, UTE, 2009.



- [90] GECELCA. Estudio de Impacto Ambiental proyecto Central Termoeléctrica GECELCA 3. Technical report, Colombia, 2010.
- [91] Pavlos S. Georgilakis. Environmental cost of distribution transformer losses. *Applied Energy*, 88(9):3146 – 3155, 2011.
- [92] Bernardo Gil. Caracterización de los estudios de impacto ambiental en los proyectos de ingeniería eléctrica en colombia. Technical report, Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [93] A. Gilpin. *Environmental Impact Assessment (EIA): Cutting Edge for the Twenty-first Century*. Eia : Cutting Edge for the Twenty-First Century. Cambridge University Press, 1995.
- [94] Walter Giménez and José Vargas. Estimación del impacto ambiental que causarán las líneas del proyecto SIEPAC. Technical report, Universidad Tecnológica Nacional - Instituto Costarricense de Electricidad.
- [95] J. Glasson, R. Therivel, and A. Chadwick. *Introduction to environmental impact assessment*. The natural and built environment series. Routledge, 2005.
- [96] John Glasson and Caroline Bellanger. Divergent practice in a converging system? the case of eia in france and the uk. *Environmental Impact Assessment Review*, 23(5):605 – 624, 2003.
- [97] John Glasson and Nemesio Neves B. Salvador. Eia in brazil: a procedures-practice gap. a comparative study with reference to the european union, and especially the uk. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(2):191 – 225, 2000.
- [98] Domingo Gómez-Orea. *Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Mundi-Prensa, 2003.
- [99] T. Gönen. *Electric Power Distribution System Engineering*. Electrical Engineering. CRC Press, 2007.
- [100] Maria E. Gonzalez and Alfredo Ortega-Rubio. Legislación ambiental aplicada en la evaluación de impacto ambiental del sector eléctrico mexicano. *Boletín Mexicano del Derecho Comparado*, 122:1147–1178, 2008.
- [101] Verónica González and Mónica Lomeña. La generación térmica y la mitigación de su impacto. Technical report, Banco Interamericano de Desarrollo, 2008.
- [102] J Hernández, L García, and F Ayuga. Integration methodologies for visual impact assessment of rural buildings by geographic information systems. *Biosystems Engineering*, 88(2):255 – 263, 2004.
- [103] R. Hischer, P. Wäger, and J. Gauglhofer. Does weee recycling make sense from an environmental perspective?: The environmental impacts of the swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (weee). *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5):525 – 539, 2005. Environmental and Social Impacts of Electronic Waste Recycling.
- [104] International Association for Impact Assessment IAIA. *Principles of Environmental Assessment Best Practice*, 1999.
- [105] Iberdrola. Estudio de impacto ambiental del proyecto de línea eléctrica subterránea a 220 kv, dc, st la eliana - st vallbona. Technical report, Red Eléctrica de España, 2010.

- [106] IEC. International Electrotechnical Vocabulary - Part 581: Electromechanical components for electronic equipment. *IEC 60050-581*, 2008.
- [107] IEC. International Electrotechnical Vocabulary - Part 441: Switchgear, controlgear and fuses. *IEC 60050-441*, 2008.
- [108] IEC. Obsolescence management - Application guide. *IEC 61162-450*, 2011.
- [109] IEEE. IEEE 100 The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms Seventh Edition. *IEEE Std 100-2000*, 2000.
- [110] Ingenieros, H.M.V. *Subestaciones de alta y extra alta tensión*. HMV Ingenieros, 2003.
- [111] Inter-American Development Bank. *Estudio Sobre la Inserción de la Gestión Ambiental en las Políticas Sectoriales: Bolivia*. IADB, 2002.
- [112] International Atomic Energy Agency. Health and environmental impacts of electricity generation systems: Procedures for comparative assessment. Technical report, IAEA, 1999.
- [113] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2011*. IEA, 2011.
- [114] Y. Irie, H. Harada, and S. Miyamoto. Environmental impact assessment and environmentally conscious design for it systems. In *Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 2003. EcoDesign '03. 2003 3rd International Symposium on*, pages 394 –399, dec. 2003.
- [115] D. L. Johnson, S. H. Ambrose, T. J. Bassett, M. L. Bowen, D. E. Crummey, J. S. Isaacson, D. N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, and A. E. Winter-Nelson. Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, 26:581–589, 1997.
- [116] Craig I. Jones and Marcelle C. McManus. Life-cycle assessment of 11 kv electrical overhead lines and underground cables. *Journal of Cleaner Production*, 18(14):1464 – 1477, 2010.
- [117] Bosko Josimovic and Mila Pucar. The strategic environmental impact assessment of electric wind energy plants: Case study bavaniste (serbia). *Renewable Energy*, 35(7):1509 – 1519, 2010. Special Section: IST National Conference 2009.
- [118] Daniel Kammen, James Nelson Ana Mileva, and Josiah Johnston. An assessment of the environmental impacts of concentrator photovoltaics and modeling of concentrator photovoltaic deployment using the switch model. Technical report, University of California at Berkeley, 2011.
- [119] Dimitris Al. Katsaprakakis. A review of the environmental and human impacts from wind parks. a case study for the prefecture of lasithi, crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5):2850 – 2863, 2012.
- [120] Ivo H. Knoepfel. A framework for environmental impact assessment of long distance energy transport systems. *Energy*, 21(7-8):693–702, 1996.
- [121] Jolita Kruopiene, Sigita Zidonienė, and Jolanta Dvarioniene. Current practice and shortcomings of eia in lithuania. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(5):305 – 309, 2009.

- [122] R. Kulkarni, H.C. Zhang, Jianzhi Li, and Junning Sun. A framework for environmental impact assessment tools: comparison validation and application using case study of electronic products. In *Electronics and the Environment, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on*, pages 210 – 214, may 2005.
- [123] Anil Kumar. *Environmental Engineering*. New Age International (P) Ltd., 2009.
- [124] D.P. Lawrence and D.P. Lawrence. *Environmental Impact Assessment: Practical Solutions to Recurrent Problems*. Wiley-Interscience, 2003.
- [125] N. Lee and C. George. *Environmental assessment in developing and transitional countries: principles, methods, and practice*. Wiley, 2000.
- [126] Marie LeGrow. Environmental impact assessment. an electric utility overview. Technical report, E7 Network of Expertise for the Global Environment, 1997.
- [127] Dennis Y.C. Leung and Yuan Yang. Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1):1031 – 1039, 2012.
- [128] Chufu Li, Weidong Gu, Jin Li, and Tianming Hao. Study on the environmental impact assessment of the wind/coal multi-energy integration system. In *World Non-Grid-Connected Wind Power and Energy Conference, 2009. WNWEC 2009*, pages 1 –4, sept. 2009.
- [129] Yan ling Wang and Chao Hu. The model of environmental impact assessment of generation dispatch based on environmental value. In *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific*, pages 1 –4, march 2010.
- [130] Alan H. Lockwood, Kristen Welker-Hood, Molly Rauch, and Barbara Gottlieb. Coals assault on human health. Technical report, Physicians for Social Responsibility, 2009.
- [131] Lorena López. Estudios de impacto ambiental en los proyectos de líneas eléctricas. Technical report, Universidad Carlos III de Madrid, 2009.
- [132] MADS - IDEAM. Mecanismo de evaluación de las guías ambientales. Bogotá. Septiembre. 2005.
- [133] MADS - IDEAM. Plan de acción del mecanismo de evaluación y seguimiento ambiental de las guías ambientales y mecanismo de seguimiento a la implementación de las guías ambientales. Bogotá. Septiembre. 2005.
- [134] Madeleine Marara, Nick Okello, Zainab Kuhanwa, Wim Douven, Lindsay Beevers, and Jan Leentvaar. The importance of context in delivering effective eia: Case studies from east africa. *Environmental Impact Assessment Review*, 31(3):286 – 296, 2011.
- [135] Peter Markewitz, Andrea Schreiber, Stefan Vögele, and Petra Zapp. Environmental impacts of a german ccs strategy. *Energy Procedia*, 1(1):3763 – 3770, 2009.
- [136] J.F. Martinet-Canales, J.M. Garay-Gordovil, M. Mazpule, J. Larrieta, J. Izagirre, and S. Gozarrola. An evaluation of the environmental impact and of the safety of compact and modular equipment using sf6 up to 36 kv. In *Electricity Distribution. Part 1: Contributions. CIRED. 14th International Conference and Exhibition on (IEE Conf. Publ. No. 438)*, volume 1, pages 23/1 –23/5 vol.1, 1997.

- [137] Renson Martínez. Propuesta metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. Master's thesis, Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [138] Sabino Mastrángelo. Conceptos de generación termoeléctrica: Combustibles utilizados e impactos ambientales. *Boletín Energético*, 10:14–26.
- [139] D.M. McAllister. *Evaluation in environmental planning: assessing environmental, social, economic, and political trade-offs*. MIT Press, 1982.
- [140] Enrique Millones. Marco de evaluación de impactos ambientales para el proyecto de electrificación rural en el Perú. Technical report, Ministerio de Energía y Minas.
- [141] Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens*. France, 2010.
- [142] P. Modak and A.K. Biswas. *Conducting Environmental Impact Assessment in Developing Countries*. G - Reference, Information and Interdisciplinary Subjects Series. United Nations University Press, 1999.
- [143] José Molina-Ruiz, María José Martínez-Sánchez, Carmen Pérez-Sirvent, Mari Luz Tudela-Serrano, and Mari Luz García Lorenzo. Developing and applying a gis-assisted approach to evaluate visual impact in wind farms. *Renewable Energy*, 36(3):1125 – 1132, 2011.
- [144] J.A. Molino, G.A. Zerdy, N.D. Lerner, and D.L. Harwood. Modification of transmission line audible noise spectra to reduce environmental impact. *Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on*, PAS-100(4):2120 –2126, april 1981.
- [145] P. Morris and R. Therivel. *Methods of Environmental Impact Assessment*. Natural and Built Environment Series. Routledge, 2009.
- [146] Obaidullah Nadeem and Rizwan Hameed. Evaluation of environmental impact assessment system in pakistan. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(8):562 – 571, 2008.
- [147] Natural Resources Conservation Authority. Guidelines for conducting environmental impact asse. Technical report, NRCA, Jamaica, 1997.
- [148] Odum. Use of energy diagrams for environmental impact statements. *Proceedings of the Conference Tools of Coastal Management*, -:197–231, 1972.
- [149] Leonard Ortolano, Bryan Jenkins, and Ramon P. Abracosa. Speculations on when and why eia is effective. *Environmental Impact Assessment Review*, 7(4):285 – 292, 1987.
- [150] PARAGUAY. Constitución política, 1992.
- [151] PARAGUAY. Ley 294 (31, Diciembre, 1993). Evaluación de Impacto Ambiental. Registro Oficial, 1992.
- [152] PARAGUAY. Decreto 14.281 96 (31, Julio, 1996). Por el cual se reglamenta la Ley N° 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental. Registro Oficial, 1996.
- [153] Estrella Parra. Impacto de la conexión de generación distribuída. *Automática e Instrumentación*, 407:64–70, 2009.

- [154] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D'haeseleer. Distributed generation: definition, benefits and issues. *Energy Policy*, 33(6):787 – 798, 2005.
- [155] PERU. Decreto Supremo 029-1994- EM. (08, junio, 1994). Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas., 1994.
- [156] PERU. Ley 27446. (20, abril, 2001). Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental ., 2001.
- [157] Elías Pinto. Resumen de la ponencia evaluación de impacto ambiental y sistema de gestión ambiental de las infraestructuras. Ministerio de Medio Ambiente. Colombia.
- [158] Productos y Servicios Industriales PSI. Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental. modificación central térmica floreana. Technical report, Parque Nacional Galapagos, 2011.
- [159] Programa de Desarrollo de las Provincias del Norte Grande. Infraestructura hídrica. ar-11015, 2006.
- [160] Programa de Transformación Productiva. Informe Final. Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Sector Energía Eléctrica, Bienes y Servicios Conexos. Technical report, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009.
- [161] A.K. Raja and A.P. Srivastava. *Power Plant Engineering*. New Age International, 2007.
- [162] Real Academia Española. [www.rae.es](http://www.rae.es).
- [163] Red Eléctrica de España. Estudio de impacto ambiental de la se 400/200 kv dicastillo, l/400 kv dicastillo-l/muruarte-castejon y l/400kv dicastillo-itxaso. Technical report, REE, 2011.
- [164] Red Electrica de España. [www.ree.es](http://www.ree.es).
- [165] Gloria A. Rodríguez. Las licencias ambientales y su proceso de reglamentación en colombia. Technical report, Foro Nacional Ambiental, 2011.
- [166] Nigel Rossouw. A review of methods and generic criteria for determining impact significance. *AJEAM-RAGEE*, 6:44–61, 2003.
- [167] Réseau d'expertise E7 pour l'environnement global, Agence intergouvernementale de la Francophonie et Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie. Évaluation des impacts environnementaux. vue d'ensemble présentée para les sociétés d'électricité. Technical report, E7, 1997.
- [168] R. Saidur, N.A. Rahim, M.R. Islam, and K.H. Solangi. Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5):2423 – 2430, 2011.
- [169] Songsak Sakulniyomporn, Kuskana Kubaha, and Chullapong Chullabodhi. External costs of fossil electricity generation: Health-based assessment in thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8):3470 – 3479, 2011.
- [170] Nuriye Peker Say, Muzaffer Yucel, and Mehmet Yilmazer. A computer-based system for environmental impact assessment (eia) applications to energy power stations in turkey: Cedinfo. *Energy Policy*, 35(12):6395 – 6401, 2007.

- [171] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Guía para la presentación de la manifestación ambiental del sector eléctrico. Technical report, México, 2002.
- [172] Serman & asociados sa. Estudio de impacto ambiental central termoelectrica a carbón rio turbio, santa cruz. Technical report, Grupo Isolux Cosran SA.
- [173] Nicolas Shuku-Onemba. Étude d'impact sur l'environnement d'une centrale thermique à brazzaville, au congo. Technical report, Association Nationale pour l'Évaluation Environnementale, 2006.
- [174] Ernesto Sánchez-Triana and Leonard Ortolano. Organizational learning and environmental impact assessment at colombia's cauca valley corporation. *Environmental Impact Assessment Review*, 21(3):223 – 239, 2001.
- [175] Andrew M. Sugden. Resistance and resilience. *Science*, 293(5536):1731, 2001.
- [176] C.R. Sullivan. Energy use: the most important environmental impact of electronic equipment? In *Electronics and the Environment, 1994. ISEE 1994. Proceedings., 1994 IEEE International Symposium on*, pages 261 –266, may 1994.
- [177] Andreas Sumper, Oriol Boix-Aragonès, Roberto Villafáfila-Robles, Joan Bergas-Jané, and Rodrigo Ramírez-Pisco. Methodology for the assessment of the impact of existing high voltage lines in urban areas. *Energy Policy*, 38(10):6036 – 6044, 2010.
- [178] The Royal Town Planning Institute. *Environmental Impact Assessment*, 2001.
- [179] Mark A. Thompson. Determining impact significance in eia: a review of 24 methodologies. *Journal of Environmental Management*, 30(3):235 – 250, 1990.
- [180] Tran Thuc. Climate change adaptation from small and medium scale hydropower plants: A case study for lao cai province. *VNU Journal of Science, Earth Sciences*, 27:32–38, 2011.
- [181] Joel Tickner, Carolyn Raffensperger, and Nancy Myers. The Precautionary Principle in action: a handbook. Technical report, Science and Environmental Health Network, 1998.
- [182] Javier Toro, Oscar Duarte, Ignacio Requena, and Montserrat Zamorano. Determining vulnerability importance in environmental impact assessment: The case of colombia. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1):107 – 117, 2012.
- [183] Javier Toro, Ignacio Requena, and Montserrat Zamorano. Environmental impact assessment in colombia: Critical analysis and proposals for improvement. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(4):247 – 261, 2010.
- [184] José Javier Toro Calderón. *Análisis constructivo del proceso de evaluación de impacto ambiental en Colombia propuestas de mejora*. PhD thesis, Universidad de Granada, 2009.
- [185] John K. Turkson and Martin Amadu. Environmental protection implications of the electric power restructuring in ghana. Technical report, United Nations Environment Programme.
- [186] Unidad de Planeación Minero Energética. *Plan de Expansión de Referencia: Generación - Transmisión 2010 - 2024*. UPME, 2010.

- [187] Unidad de Planeación Minero Energética. *Plan de Expansión de Referencia: Generación - Transmisión 2012 - 2025*. UPME, 2012.
- [188] Unidad de Planeación Minero-Energética UPME. [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co).
- [189] Unión Temporal: TAU Consultora Ambiental - Ambiental Consultores. *Marco Ambiental Estratégico para la Evaluación Ambiental Estratégica del PERGT*. UPME - TAU, 2010.
- [190] United Nations Environmental Programme. *Environmental Impact Assessment Training Resource Manual*. UNEP, 2002.
- [191] UPME. Cálculo del factor de emisión de  $CO_2$  del sistema eléctrico interconectado nacional para determinar la línea base de proyectos mdl. Technical report, Unidad de Planeación Minero Energética, 2010.
- [192] URUGUAY. Decreto-ley 14.694 (1, septiembre, 1977). ley nacional de electricidad. Diario Oficial 20085., 1977.
- [193] URUGUAY. Constitución de la república oriental del uruguay, 1997.
- [194] Geological Survey (U.S.) and Luna Bergere Leopold. *A procedure for evaluating environmental impact*. Number v. 28,n.º 2 in Geological Survey circular. U.S. Dept. of the Interior, 1971.
- [195] Varun, I.K. Bhat, and Ravi Prakash. Lca of renewable energy for electricity generation systems - a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5):1067 – 1073, 2009.
- [196] D. Vatau, F. Alexa, A. Craciunescu, and R. Teslovan. Sustainable development oriented power plant environmental impact analysis. In *Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 2011 6th IEEE International Symposium on*, pages 599 –602, may 2011.
- [197] VENEZUELA. Constitución política, 1992.
- [198] VENEZUELA. Decreto 1257 (26, Abril, 1996). Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. Gaceta Oficial 35946, 1996.
- [199] VENEZUELA. Ley Orgánica del Ambiente (22, Diciembre, 2006). Gaceta Oficial 5833, 2006.
- [200] P. Verma and J.C. Stephens. Environmental advocacy groups' perspectives on carbon capture and storage. In *EIC Climate Change Technology, 2006 IEEE*, pages 1 –5, may 2006.
- [201] L Walker and J Johnston. Guidelines for the assessment of indirect and cumulative impacts as well as impact interactions. Technical report, European Commission, 1999.
- [202] B Walmsley and K.E Tshipala. Handbook on Environmental Assessment Legislation in the SADC Region. Technical report, Development Bank of Southern Africa and Southern African Institute for Environmental Assessment (SAIEA), 2007.
- [203] Walsh Perú SA. Estudio de impacto ambiental central térmica el faro. Technical report, SHOUGESA, 2011.
- [204] Antoinette Warnback and Tuija Hilding-Rydevik. Cumulative effects in swedish eia practice - difficulties and obstacles. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(2):107 – 115, 2009.

- [205] Tobias Welz, Roland Hischer, and Lorenz M. Hilty. Environmental impacts of lighting technologies - life cycle assessment and sensitivity analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 31(3):334 – 343, 2011.
- [206] P.A. Wäger, R. Hischer, and M. Eugster. Environmental impacts of the swiss collection and recovery systems for waste electrical and electronic equipment (weee): A follow-up. *Science of The Total Environment*, 409(10):1746 – 1756, 2011.
- [207] A. Widiyanto, S. Kato, N. Maruyama, A. Nishimura, and S. Sampattagul. Environmental impacts evaluation of electricity grid mix systems in four selected countries using a life cycle assessment point of view. In *Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 2003. EcoDesign '03. 2003 3rd International Symposium on*, pages 26 –33, dec. 2003.
- [208] Chirstopher Wood. *Environmental Impact Assessment. A comparative review*. Longman, 1997.
- [209] Guo Yun, Cao Wei-wu, Huang Zhi-qiang, and Wu Xiao-jiang. The prospects and challenges of carbon capture and storage technology. In *Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA), 2010 International Conference on*, volume 2, pages 705 –708, oct. 2010.
- [210] H.R. Zamot, E. O’Neill-Carrillo, and A. Irizarry-Rivera. Analysis of wind projects considering public perception and environmental impact. In *Power Symposium, 2005. Proceedings of the 37th Annual North American*, pages 591 – 596, oct. 2005.
- [211] Néstor Zapata-Giraldo. Impacto ambiental de los sistemas de iluminación - contaminación lumínica. Technical report, Empresas Públicas de Medellín, 2008.
- [212] Lina Zheng, Liying Zheng, and Li Wei. Environmental impact and control measures of new wind power projects. *Procedia Environmental Sciences*, 10, Part C(0):2788 – 2791, 2011. 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology ESIAT 2011.





9GAG.COM/GAG/3643171

