



Metodologías de valoración de impactos en los EsIA

Apellidos, nombre	Romero Gil, Inmaculada (inrogi@dihma.upv.es)
Departamento	Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente (DIHMA)
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

El objetivo final de la **Evaluación Ambiental** es elegir, entre todas las **alternativas**, aquella que menos efectos ambientales genere. Para poder comparar entre las diferentes alternativas a una obra, debemos realizar una evaluación, y si es posible una cuantificación, de los **impactos** previsibles del proyecto sobre los factores ambientales en cada **fase del proyecto**. En este artículo vamos a sintetizar las distintas **metodologías** de valoración.

2 Objetivos

A partir del estudio de este documento, serás capaz **de diferenciar y utilizar correctamente los diferentes métodos para identificar y para valorar impactos ambientales**.

3 Introducción

El objetivo de un **Estudio de Impacto Ambiental** (EslA) es prever y evaluar los efectos ambientales de un proyecto para intentar prevenirlos [1-2]. Y no solamente eso, sino que el objetivo final es poder elegir entre las diferentes alternativas aquella que menos efectos pueda llegar a generar.



Supongamos que vamos a estudiar una carretera y que nos hemos planteado dos alternativas de trazado (Imagen 1).



Imagen 1. Alternativas a una carretera

¿Podrías decir cuál de las alternativas genera menos efectos ambientales? ¿Qué necesitarías saber para poder decidir entre ambas alternativas? ¿Cómo podrías tomar la decisión correcta?

Para poder estimar correctamente los efectos ambientales y poder elegir entre las distintas alternativas, debemos estudiar las **afecciones** que cada una de las acciones del proyecto descritas en el apartado de “Descripción del Proyecto” podrían generar sobre cada uno de los componentes ambientales que se han descrito previamente en el apartado de “Inventario Ambiental. Evidentemente esto debe realizarse **para cada fase del proyecto y para cada alternativa del proyecto**. De hecho, la normativa [1-2] obliga a **identificar, cuantificar y valorar** los efectos significativos que preveamos que las actividades proyectadas van a generar sobre los aspectos ambientales para cada alternativa examinada. Evidentemente, la identificación de los impactos ambientales se basará en el estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características de los factores ambientales del ecosistema.

4 Desarrollo

El estudio de los efectos ambientales debe incluir tres grandes apartados. En los siguientes apartados describiremos las metodologías que existen para cada uno de los tres apartados.

- **Identificación.** Se debe identificar “los efectos notables” que las distintas acciones del proyecto producirán sobre los componentes ambientales descritos, para lo que nos deberemos basar en diversos conocimientos prácticos y teóricos y en todo caso recurrir a la bibliografía existente.
- **Caracterización.** Se debe distinguir los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos. Para ello se utilizarán las definiciones dadas por la propia legislación. Además se deben jerarquizar, es decir, indicar los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto.
- **Valoración.** Se debe valorar cada uno de los efectos, si es posible de manera cuantitativa, midiendo las variaciones previstas en los factores ambientales.

4.1 Metodologías de identificación



Supón que para poner en marcha una carretera te has planteado dos alternativas como las de la imagen 1.

¿Qué necesitas saber para identificar los efectos?

Evidentemente deberás saber, para cada una de tus alternativas, cuáles son las acciones del proyecto en la fase de construcción y en la fase de funcionamiento de la obra, y cómo es el ecosistema que puede verse afectado, ¿no?

En general, para poder identificar efectos, debe tenerse en cuenta las acciones generales que suelen darse en toda obra, proyecto o actividad (movimiento de tierras, por ejemplo) y las acciones particulares que existen en función del tipo de obra (industria, presa, canalización, puerto, vertedero, etc.).

Para poder identificar los efectos, existen distintas **técnicas de identificación**. La elección de la metodología a utilizar para identificar los efectos dependerá de las necesidades y el tipo de proyecto. Generalmente los criterios a tener en cuenta para esta elección son: la tipología de las alternativas, los recursos disponibles, los conocimientos de la actividad y el lugar en el que se desarrolla y la relevancia del tema, entre otros. Entre ellos destacan los inventarios, matrices, redes, diagramas,... Pero sea cual sea la metodología elegida para identificar los efectos, hay dos **pasos previos** que deben haberse realizado, la **identificación de acciones del proyecto y el inventario ambiental**.

4.1.1 Listas de control, listas de chequeo o inventarios

Son métodos simples y útiles como evaluación preliminar. Son de gran ayuda para establecer los principales impactos de un proyecto (Imagen 2). Las principales ventajas es que permiten contemplar el conjunto de los impactos, sirven de base para métodos más complejos y se pueden utilizar para prácticamente cualquier proyecto o actividad. Como desventajas destacan que en muchas ocasiones son insuficientes como método de valoración y necesitan completarse con otras herramientas, que no aclaran las interacciones entre los efectos y que incluso un mismo efecto puede ser registrado en varios sitios a la vez.

	Si	No	No sabe	Observaciones
Aire. ¿se verá afectado ...				
por emisiones de contaminantes?				
por olores?				
Agua ¿se verá afectada ...				
en su cantidad?				
en su calidad?				
Vegetación ¿se verá afectada...				
por disminución de individuos?				
por disminución de especies?				

Imagen 2. Ejemplo de Lista de control (fuente propia)

4.1.2 Diagramas de redes, diagramas de flujo

Estos suelen utilizarse para establecer relaciones de causalidad, generalmente lineales, entre la acción propuesta y el medio ambiente afectado, y también para discutir impactos indirectos (Imagen 3). La ventaja es que permiten identificar efectos primarios, secundarios y terciarios y definir sus relaciones, y son útiles en proyectos complejos con muchas interacciones. Sin embargo no cuantifican impactos y se limitan a relaciones de tipo lineal. De hecho si la red es muy densa, esta metodología es laboriosa y puede volverse complicada visualmente.

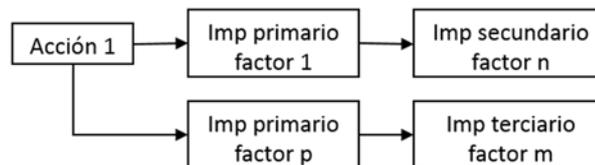


Imagen 3. Ejemplo de Diagrama de redes (fuente propia)

4.1.3 Matrices de interacción causa-efecto. Simples

Es uno de los métodos más utilizados actualmente, pues posteriormente puede ser usada para la valoración de impactos. Como principal ventaja permite la comparación entre las diversas alternativas de un proyecto. Sin embargo la mayoría de las matrices no permite analizar interacciones múltiples (sólo sencillas entre una acción y un factor), y es difícil identificar efectos directos e indirectos (imagen 4). Una de estas matrices es la conocida matriz de Leopold, que fue el primer método de valoración de impactos desarrollado por el Servicio Geológico de EEUU en 1971. Es una matriz de doble entrada con un total de 8.800 casillas, ya que existen 88 filas con los factores ambientales y humanos afectados y 100 columnas con las acciones causantes de impacto. Es muy utilizada ya que sirve de base para poder construir una matriz particular con los factores ambientales y acciones concretas para cada proyecto (eliminando y/o añadiendo factores y/o acciones)

Acciones/Factores	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Acción 1	x		x
Acción 2	x	x	
Acción 3		x	

Imagen 4. Matriz simple (fuente propia)

4.1.4 Matrices de interacción causa-efecto. En etapas

Son una variante de las matrices simples. Muestran las consecuencias que sobre otros factores ambientales tienen los cambios primarios producidos sobre determinados factores ambientales (Imagen 5). Son adecuadas para analizar los impactos secundarios y terciarios que derivan de las acciones, aunque pueden ser muy amplias.

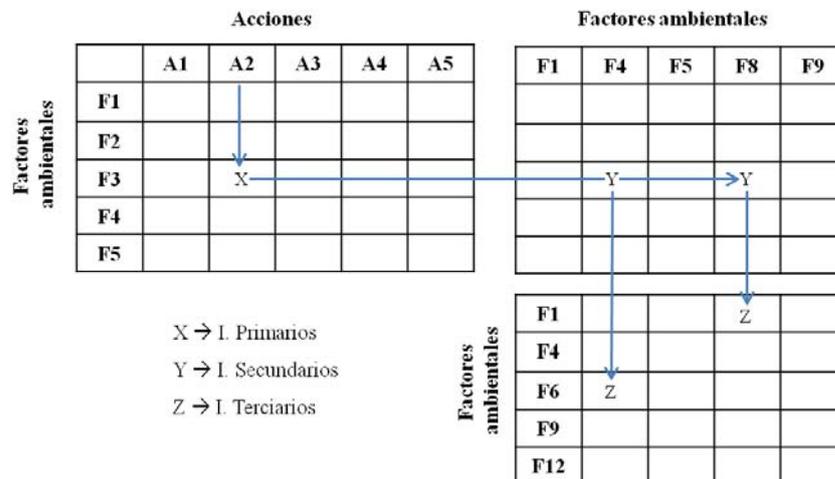


Imagen 5. Matriz en etapas (fuente propia)

4.2 Metodologías de caracterización



Una vez has identificado tus efectos con alguna de las metodologías anteriores, debes caracterizar tus efectos ambientales. Pero ¿qué es “caracterizar”? Para poder **caracterizar** cada uno de los efectos debemos tener claro el significado de cada tipo.

La legislación [2] obliga a que se lleve a cabo dicha caracterización y define los atributos positivos, negativos, temporales, permanentes, simples, acumulativos, sinérgicos, directos, indirectos, reversibles, irreversibles, recuperables, irrecuperables, periódicos, de aparición irregular, continuos, discontinuos, compatibles, moderados, severos y críticos.

Efecto positivo: “Aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada”. **Efecto negativo:** “Aquel que se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada.”

Por ejemplo un efecto positivo sería la mejora en la calidad del agua de un cauce por la puesta en funcionamiento de una EDAR que depurará las aguas de un núcleo urbano antes del vertido al cauce. Un efecto negativo sería la disminución de la calidad del agua de un cauce tras el vertido de aguas residuales de una industria.



Efecto directo: “Aquel que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental.”

Efecto indirecto o secundario: “Aquel que supone incidencia inmediata respecto a la interdependencia, o, en general, respecto a la relación de un sector ambiental con otro”

Un efecto directo podría ser la disminución de la fotosíntesis por partículas sólidas que caen sobre la vegetación. Un efecto indirecto o secundario sería el que sufriría los invertebrados que necesitan la vegetación anterior para alimentarse.

Efecto simple: “Aquel que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia” **Efecto acumulativo:** “Aquel que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.” **Efecto sinérgico:** “Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Asimismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos”

Un efecto simple sería el cambio en el paisaje, uno acumulativo la acumulación de plomo en sangre por vertidos continuos de aguas residuales industriales, y uno sinérgico los efectos provocados por un aumento de los niveles de metales pesados y de un compuesto ácido, que hará disminuir el pH y provocar la redisolución de los metales.

Efecto Permanente: “Aquel que supone una alteración indefinida en el tiempo de factores de acción predominante en la estructura o en la función de los sistemas de relaciones ecológicas o ambientales presentes en el lugar” **Efecto Temporal:** “Aquel que supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o determinarse”

Como efecto permanente podríamos incluir la modificación del paisaje, y como temporal los efectos por el aumento del ruido en la construcción de una obra.

Efecto Continuo: “Aquel que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no” **Efecto Discontinuo:** “Aquel que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia”

Efecto continuo podría ser por ejemplo el calentamiento global y uno discontinuo los efectos por un derrame accidental.

Efecto Periódico: “Aquel que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo” **Efecto de Aparición Irregular:** “Aquel que se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional”

Un efecto periódico sería las alteraciones provocadas por las salidas de agua fría del fondo de presas en verano, y de aparición irregular los efectos por un derrame accidental.

Efecto Reversible: “Aquel en el que la alteración que supone puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica, y de los mecanismos de autodepuración del medio”

Efecto Irreversible: “Aquel que supone la imposibilidad, o la «dificultad extrema», de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce”

Efecto Recuperable: “Aquel en que la alteración que supone puede eliminarse, bien por la acción natural, bien por la acción humana, y, asimismo, aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable” **Efecto Irrecuperable:** “Aquel en que la alteración o pérdida que supone es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural como por la humana”

Un efecto reversible sería la contaminación por un vertido accidental en un lago, irreversible la erosión por eliminación de vegetación, recuperable la eliminación de vegetación de ribera e irrecuperable la extinción de especies.

Los efectos recuperables pueden ser reversibles, cuando el sistema es capaz de recuperarse por sí mismo, o irreversibles, si para recuperarse necesita la ayuda de la actuación humana y no puede hacerlo por sí mismo. Los efectos irrecuperables serán siempre irreversibles, ya que los irrecuperables son los irreversibles que no pueden recuperarse ni con la actuación del hombre.

Así, por tanto, una vez caracterizados los efectos, se debe indicar los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la actuación. **Impacto ambiental Compatible:** “Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa medidas preventivas o correctoras”. **Impacto ambiental Moderado:** “Aquel cuya recuperación no precisa medidas preventivas o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo”. **Impacto ambiental Severo:** “Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige medidas preventivas o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado”. **Impacto ambiental Crítico:** “Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras”

Serían Compatibles los efectos del aumento de sólidos en el aire en fase de construcción, Moderado la contaminación por un vertido accidental en un lago, Severo la erosión por la eliminación de vegetación, y consideraríamos Crítico a la extinción de especies.

4.3 Metodologías de valoración



Ya has identificado los efectos previsibles en cada fase del proyecto y para cada alternativa y los has caracterizado todos.

Ahora piensa... ¿ya puedes escoger la “mejor” alternativa?

No, aún falta que realices una valoración... Vamos a verlo.

Para valorar los efectos existen diferentes métodos, como por ejemplo inventarios, matrices, redes, métodos cartográficos, métodos ad hoc,... Sea cual sea la metodología

utilizada para la valoración de los efectos, ésta debe venir explicada y detallada en el EsIA. Tras la valoración de efectos de cada alternativa (en cada una de las fases), debe realizarse una evaluación global que permita adquirir una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto.

A continuación se resumen los principales métodos que suelen ser utilizados para la valoración, haciendo hincapié en las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos. Sin embargo hay que resaltar que la ley [2] plantea claramente que “*La valoración de estos efectos se realizará, siempre que sea posible, a partir de la cuantificación, empleándose para ello, aquellas metodologías contempladas en normas o estudios técnicos que sean aplicación*”. Igual que en el caso de la metodología para la identificación de efectos, la elección de la metodología a utilizar dependerá de las necesidades y el tipo de proyecto. Generalmente los criterios a tener en cuenta para esta elección son: la tipología de las alternativas, los recursos disponibles, los conocimientos de la actividad y el lugar en el que se desarrolla y la relevancia del tema, entre otros.

4.3.1 Valoración cualitativa

Para esta metodología, previamente se ha debido de completar la tabla de atributos según la legislación vigente (directo/indirecto, continuo/discontinuo,...) y de caracterizar cada impacto parcial en compatible, moderado, severo y crítico. Tras ello se define una escala de puntuación para los atributos escogidos, por ejemplo alto, medio, bajo; muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo; de 0 a 10,... Un ejemplo se muestra en la imagen 6.

Se puede aplicar un peso (ponderación) a cada atributo y finalmente se determina la valoración en función del valor de los atributos asociados a cada impacto. Es lo que se denomina **Incidencia** (ecuación 1).

$$Incidencia = I = Signo * \sum (Valor\ atributo * Peso\ atributo)$$

Ecuación 1. Incidencia

Tras ello se calcula la Incidencia estandarizada (ecuación 2) donde I_{min} es el valor obtenido utilizando el valor menor de cada atributo, I_{max} el valor obtenido utilizando el valor mayor de cada atributo, y estando I , I_{min} , I_{max} en valor absoluto.

$$I_{estandarizada} = Is = Signo * \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Ecuación 2. Incidencia estandarizada

En el caso de que se desee, se determina la contribución relativa de cada factor ambiental, C_i , su peso o ponderación sobre un valor total de 1 (imagen 6). Así el impacto parcial será el mostrado en la ecuación 3 y finalmente se calcula el impacto global como suma de los impactos parciales (ecuación 4)

$$Impacto\ parcial = C_i * Is$$

Ecuación 3. Impacto parcial

$$Impacto\ global = \sum Impactos\ parciales\ con\ su\ signo$$

Ecuación 4. Impacto global

La escala de puntuación y la ponderación de cada atributo y/o factor ambiental, que se utilice (imagen 6) es libre, se puede utilizar la que se desee, pero debe usarse la misma escala y ponderación para todas las fases y todas las alternativas.

ATRIBUTOS	CARÁCTER	VALOR	PESO
Signo	Positivo	+	
	Negativo	-	
Inmediatez	Directo	3	
	Indirecto	1	
Acumulación	Simple	1	
	Acumulativo	2	
	Sinérgico	3	
Persistencia	Temporal	1	
	Permanente	3	
Continuidad	Continuo	3	
	Discontinuo	1	
Periodicidad	Periódico	3	
	Irregular	1	
Reversibilidad	Reversible	1	
	Irreversible	3	
Recuperabilidad	Recuperable	1	
	Irrecuperable	3	

FACTOR AMBIENTAL	PESO (Ci)
Clima	0.1
Aire	0.1
Agua	0.2
Geología	0.05
Vegetación	0.25
...	...
SUMA	1

Imagen 6. Ejemplo de valoración cualitativa (fuente propia)

4.3.2 Valoración cuantitativa

Esta metodología parte de la valoración cualitativa, donde se determina un índice de **incidencia** para cada impacto, estandarizado entre 0 y 1, del mismo modo que en la Valoración Cualitativa (ecuaciones 1 y 2). Tras ello se determina la **magnitud** de cada efecto en función del valor de determinados indicadores. Para ello tras la selección de los indicadores de impacto adecuados, se debe aplicar modelos matemáticos para cuantificar la evolución del indicador. Como la magnitud de cada efecto tendrá unidades distintas y heterogéneas, debe estandarizarse el valor entre 0 y 1. Para esto se utilizan las denominadas funciones de transformación que expresan la relación entre el indicador y la calidad ambiental. En la imagen 7 se puede observar un ejemplo.

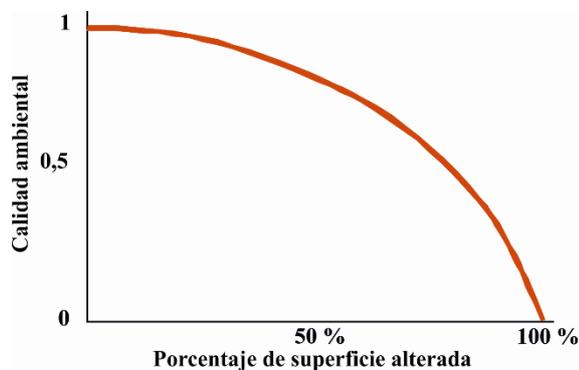


Imagen 7. Ejemplo de función de transformación para el indicador Porcentaje de superficie alterada respecto del total del territorio (Fuente propia)

Una vez hecho esto se calculará el valor del impacto (ecuación 5) a partir de la magnitud estandarizada (Ms) y la incidencia estandarizada (Is), ponderando si se desea

en función de cada factor ambiental (C_i). Por último se determinará el impacto de cada alternativa como agregación de los impactos parciales (ecuación 4) como se hizo en la valoración cualitativa.

$$\text{Impacto parcial} = C_i * (I_s * M_s)$$

Ecuación 5. Impacto parcial

5 Cierre

En este objeto de aprendizaje hemos sintetizado los diferentes métodos que pueden usarse para identificar y valorar los impactos ambientales.



Sea cual sea la metodología elegida, hay dos **pasos previos** que deben haberse realizado, la **identificación de acciones del proyecto y el inventario ambiental**.

En primer lugar hemos sintetizado las diferentes técnicas de **identificación** de impactos (listas de control, matrices, redes, diagramas,...) Todos ellos tienen diversas ventajas e inconvenientes, pero el más utilizado actualmente son las matrices simples de interacción causa-efecto.

Una vez has identificado los efectos con alguna de las metodologías anteriores, debes **caracterizar** tus efectos ambientales, diferenciando los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos. Debes indicar también los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos.

Por último ya podrás **valorar** tus impactos, haciendo uso de la valoración cualitativa (con la incidencia) o de la cuantitativa (con la incidencia y la magnitud).

Recuerda que la normativa no obliga a utilizar un método concreto, puede usarse el que se desee, aunque recomienda usar la valoración cuantitativa. Pero sea cual sea la metodología utilizada para la valoración de los efectos, ésta debe venir explicada y detallada en el ESlA.

6 Bibliografía

[1] Directiva 2014/52/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Diario Oficial de la Unión Europea.

[2] Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. BOE núm. 296, de 11 de diciembre de 2013. Referencia: BOE-A-2013-12913.