

5. CONTENIDO DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Aspectos Generales

El proceso de evaluación de impactos ambientales atribuibles a un proyecto, a través de un Estudio de Impacto Ambiental tiene habitualmente nueve etapas de desarrollo, que se han sintetizado en el cuadro N° 2. A su vez, en la figura N° 5 se ha representado en forma esquemática la relación de un proyecto con la E.I.A., sus etapas de desarrollo, los resultados y la eventual retroalimentación que éstos producen en el proyecto.

CUADRO N° 2 : ETAPAS DE DESARROLLO DE UNA EIA

N°	NOMBRE ETAPA	DESCRIPCIÓN
1	Descripción del Proyecto	Definición del área de influencia y de las actividades durante la construcción y operación del proyecto.
2	Línea Base (Base Line)	Estado y valores de variables ambientales relevantes, en la situación sin proyecto
3	Identificación de Impactos Ambientales.	Definición de los impactos ambientales, su descripción y asignación de características cualitativas.
4	Cuantificación de Impactos Ambientales.	Determinación de valores a variables ambientales en la situación con proyecto.
5	Valorización de los impactos.	Análisis de los impactos determinados, con respecto a la percepción ambiental de las personas afectadas y de las consecuencias para el proyecto.
6	Selección de alternativas.	Determinar la mejor alternativa de diseño, proceso de construcción o forma de operación del proyecto, desde el punto de vista ambiental.
7	Mitigaciones.	Definición de medidas mitigatorias o de compensación ambiental y su incorporación en los costos y especificaciones del proyecto.
8	Plan de Seguimiento o Monitoreo	Definición de mediciones periódicas de variables ambientales y de acciones de control y seguimiento durante la fase de operación.
9	Factibilidad Ambiental	Determinación si el proyecto es ambientalmente factible, dado los resultados anteriores.

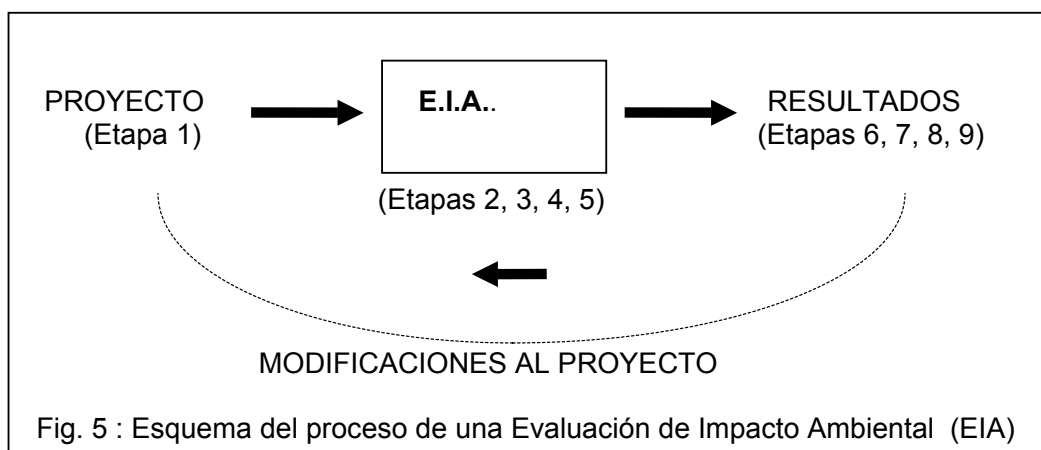


Fig. 5 : Esquema del proceso de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

5.2 Etapa Nº 1 : Descripción del proyecto

Los aspectos a incluir en la descripción del proyecto, según lo que interesa en una EIA son los siguientes :

- a) Área de influencia ambiental del proyecto.
- b) Ubicación exacta de las obras y de los lugares en que impactará directamente.
- c) Métodos constructivos y tiempos estimados.
- d) Métodos y tecnología para la operación, combustibles, etc.
- e) Acciones y actividades relevantes durante la etapa de construcción y de operación.
- f) Magnitudes relevantes del proyecto.
- g) Situación del entorno del proyecto.
- h) Antecedentes sobre percepción del proyecto por parte de los involucrados o afectados.

La descripción del proyecto debe ser tal que permita analizar las actividades y acciones desde el punto de vista ambiental.

5.3 Etapa Nº 2 : Línea de Base

La Línea de Base (Línea Base o Base Line) corresponde al conjunto de valores de las v.a. en la situación sin proyecto. Para esto, debe definirse previamente cuáles serán las v.a. relevantes para el proyecto. Ej. En un proyecto de un embalse, una v.a. es la cantidad y calidad del agua del río aguas abajo de la presa.

Se puede plantear la siguiente ecuación conceptual, para las variables ambientales :

$$\{ \text{v.a. sin proyecto} \} + \{ \Delta \text{ v.a. por efecto del proyecto} \} = \{ \text{v.a. con proyecto} \}$$

o Línea Base

Cada uno de los términos de esta ecuación corresponde a un conjunto de v.a. para una situación determinada. El primer término corresponde a la Línea Base, en tanto que el término del lado derecho a la situación ambiental con proyecto.

La Línea Base NO es un estudio científico acerca del ambiente o de algún aspecto de éste, sino sólo la determinación del valor de las v.a. sin proyecto. Corresponde a la determinación de las características de los medios físicos, bióticos, socio-. Cultural y construido, etc., cada uno de los cuales es analizado en forma científica, pero con los alcances y en el contexto de obtener los valores de las variables ambientales relevantes en el área de influencia del proyecto, en la situación sin proyecto.

Para realizar una Línea Base, se pueden utilizar las siguientes métodos, según sea el caso :

- Medición directa
- Inferencia, a partir de situaciones, lugares y proyectos similares, datos de la literatura, etc.
- Estimaciones con modelos u otros procedimientos.

5.4 Etapa N° 3 : Identificación de Impactos Ambientales

Esta etapa consiste en definir en forma cualitativa cuáles serán los impactos ambientales del proyecto. En primer lugar, se indica cuáles impactos se producirá, y luego, asignar características cualitativas a dichos impactos.

Verificación de existencia de Áreas con Protección Ambiental en la zona de influencia del proyecto

a) Monumentos Nacionales

Conforme a la Ley 17.288 de 1970, relativa a los Monumentos Nacionales, se establece las categorías de "Monumentos Históricos", "Monumentos Públicos", "Monumentos Arqueológicos de Propiedad del Estado", "Zonas Típicas" y "Santuarios de la Naturaleza".

En estas categorías, en una EIA se debe determinar si en la zona de influencia del estudio se encuentran Monumentos Nacionales :

b) Sitios arqueológicos

Los sitios arqueológicos están protegidos por la legislación vigente, de modo que no se puede construir ninguna obra en estos sitios, sin un informe especializado y siempre que se apruebe un proyecto de traslado o de mitigación.

En la publicación "Estudio de Ubicación de Restos Arqueológicos en las cuencas prioritizadas". Catastro Región Metropolitana, CEC Ltda. M.O.P. Unidad Técnica de Medio Ambiente, 1994, se indican los sitios de interés arqueológicos ubicados en las regiones del país.

c) Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales

El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) es un conjunto de ambientes naturales, terrestres o acuáticos, que el Estado protege y maneja para lograr su conservación. Este sistema está compuesto por Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales. En la publicación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), 1994. "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental Conceptos y Antecedentes Básicos". se encuentra el detalle de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile.

Parques Nacionales

Un Parque Nacional es un área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país. En los parques nacionales las especies de flora y fauna y las formaciones geológicas, son de especial interés educativo, científico o recreativo. En Chile existen 32 parques nacionales.

Monumentos Naturales

Un Monumento Natural es un área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la presencia de sitios geológicos relevantes

desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico. En Chile existen 13 Monumentos Naturales.

Reservas Nacionales

Una Reserva Nacional es un área cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado, por ser susceptibles de sufrir degradación o por su importancia en el resguardo del bienestar de la comunidad.

Listas de Chequeo

Es un listado de impactos tipo de un proyecto, el cual se revisa, comparando cada impacto posible, con el proyecto a analizar. Hay listas de chequeo de los siguientes tipos :

- Listados simples (Si / No)
- Cuestionarios.
- Listas orientadas a un tipo de proyectos

En el cuadro 3 se presenta la lista de chequeo del Banco Mundial para proyectos de embalses En Cada ítem, el evaluador indica lo correspondiente, en forma breve, con respuestas tales como : *Sí, No, Poco Probable, Si, Pero Controlado, Etc.*

CUADRO N° 3
LISTA DE CHEQUEO DE IMPACTOS AMBIENTALES
PROYECTOS DE EMBALSES DEL BANCO MUNDIAL

IMPACTOS NEGATIVOS POTENCIALES

1. Efectos, ecológicamente negativos de la construcción
 - contaminación del aire y del agua como resultado de la construcción y de la eliminación de los desperdicios.
 - erosión del suelo;
 - destrucción de la vegetación, problemas de saneamiento y salud en los campamentos de construcción.
2. Dislocación de la gente que vive en la zona inundada.
3. Pérdida de terreno agrícola , bosques, pastos, humedales a causa de la inundación para formar el reservorio.
4. Pérdida de propiedades históricas, culturales a raíz de la inundación.
5. Pérdidas de tierras silvestres y hábitat de la fauna.
6. Proliferación de las hierbas acuáticas en el reservorio y aguas abajo, impidiendo la descarga de la represa, los sistemas de riego, la pesca y mayores pérdidas de agua por transpiración.
7. Degradación de la calidad de agua del reservorio.
8. Sedimentación del reservorio y pérdida de su capacidad de almacenamiento
9. Formación de depósitos de sedimento a la entrada del reservorio, creando un efecto de contracorriente , e inundando las áreas aguas arriba.
10. Lavado del lecho del río, aguas abajo del embalse.
11. Reducción de la agricultura de los terrenos aluviales (recesión).
12. Salinización de los terrenos aluviales.
13. Trastorno social y reducción de nivel de vida de la gente reasentada
14. Degradación ambiental debido al aumento de presión sobre el terreno.
15. Problemas ambientales como resultado del desarrollo que facilita la la represa (agricultura con riego, industrias, crecimiento municipal).

LISTA DE VERIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES
EN PROYECTOS DE CANALES DE RIEGO (*)

VARIABLE AMBIENTAL	DESCRIPCION DE IMPACTOS POTENCIALES	SITUACION EN EL PROYECTO
CLIMA	EVAPORACION	
CALIDAD DEL AIRE	GENERACION DE POLVO EMISION DE OLORES	
SUELO REGADO	PASO DEL CANAL POR SALARES EROSION CAUSADA POR EL RIEGO ALTERACION DE LA NAPA	
CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA	PASO DEL CANAL POR SALARES CONTAMINACION AGUAS RECEPTORAS	
CANTIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL	MENOR CAUDAL DEL RIO DURANTE OPERACION	
CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL	PASO DEL CANAL POR SALARES ACTIVIDAD MINERA TRANQUES DE RELAVES AREAS URBANAS EXISTENTES Y FUTURAS ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y AGROPECUARIA USO DE ELEMENTOS QUIMICOS CAMPAMENTOS E INSTALACION DE FAENAS DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS DESCARGA DE DESECHOS INDUSTRIALES MENOR CAUDAL EN EL RIO CONTAMINACION AGUAS RECEPTORAS	
VEGETACION	ALTERACION A ESPECIES ARBOREAS ALTERACION A ESPECIES ARBUSTIVAS ALTERACION A ESPECIES CACTACEAS ALTERACION A VEGETACION ACUATICA	
FAUNA	ALTERACION A ESPECIES MAMIFERAS ALTERACION A ESPECIES AVICOLAS ALTERACION A ESPECIES REPTILES ALTERACION A LA FAUNA ACUATICA	

**LISTA DE VERIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES
EN PROYECTOS DE CANALES DE RIEGO (CONTINUACIÓN)**

VARIABLE AMBIENTAL	DESCRIPCION DE IMPACTOS POTENCIALES	SITUACION EN EL PROYECTO
PAISAJE	GENERACION DE POLVO CAMPAMENTOS E INSTALACION DE FAENAS VISIBILIDAD DE LA OBRA DE TOMA ACUMULACION DE SEDIMENTOS Y BASURA PERALTE DEL RIO EN BOCATOMA ALTERACION A ESPECIES ARBOREAS ALTERACION A ESPECIES ARBUSTIVAS ALTERACION A ESPECIES CACTACEAS ALTERACION A VEGETACION ACUATICA BOTADEROS CANTERAS Y YACIMIENTOS DE MATERIALES DESCARGA DE DESECHOS SOLIDOS VISIBILIDAD DEL CANAL	
NIVEL DE RUIDO	EMISIONES SONORAS DE LA CONSTRUCCION RUIDO POR OPERACION DE LA BOCATOMA EMISIONES SONORAS EN EL CANAL	
SEGURIDAD	RIESGO DE ACCIDENTES ESTABILIDAD DE TALUDES DEL CANAL RIESGO DE INUNDACION	
HIGIENE DEL MEDIO	GENERACION DE POLVO EMISIONES SONORAS RUIDO EN BOCATOMA DESCARGA DE DESECHOS SOLIDOS DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS DESCARGA DE DESECHOS INDUSTRIALES NIDIFICACION DE INSECTOS Y ROEDORES	
PATRIMONIO	ALTERACION DEL PATRIMONIO HISTORICO ALTERACION DEL PATRIMONIO CULTURAL RIESGO DE INUNDACION	
NIVEL DE EMPLEO	DEMANDA DE MANO DE OBRA	
ACTIVIDADES HUMANAS	GENERACION DE POLVO	

(*) Adaptado de Kaliski Enrique y Magnani Giorgio "METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE CANALES DE RIEGO", XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, 1995.

Diagramas de flujo

Corresponde a un esquema que ayuda a deducir los impactos de un proyecto, del modo siguiente:

acción del proyecto => efectos que produce => impactos

Ejemplo :

Movimiento de tierra => congestión vehicular => nivel de estrés
=> generación de polvo => nivel de partículas en el aire
=> ruido => nivel de ruido

Método de mapas superpuestos

Este método consiste en superponer planos de un mismo lugar geográfico, con diferente información del terreno, con lo cual se puede establecer una relación espacial de efectos o impactos.

Ejemplo :

Proyecto de nuevas captaciones de agua potable. En el primer plano se tienen los lugares con las necesidades de agua. En el plano 2 se indica los niveles piezométricos; en el plano 3 se indica la ubicación de industrias que pueden estar contaminando la napa. De la superposición de estos tres planos se puede inferir cuáles serían los lugares para efectuar pozos con o sin riesgo de contaminación y que además sean factibles de realizar.

Matrices causa - Efecto

La importancia creciente que han tomado los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en el país, debido principalmente a las exigencias actuales para la aprobación de proyectos, hace recomendable revisar algunas de las metodologías utilizadas en estos estudios. Una de estas metodologías corresponde a la identificación de impactos mediante el uso de *Matrices Causa - Efecto*, de las cuales se han desarrollado diversos tipos y para diferentes propósitos, como es el caso de la Matriz de Leopold, las matrices multidimensionales y la Matriz de Grandes Presas, entre otras. En estos apuntes sólo se plantea el uso de *Matrices Causa - Efecto Específicas*, que corresponden a una versión simplificada de las matrices tradicionales, orientadas a la identificación preliminar de impactos ambientales de proyectos hidráulicos.

Las Matrices Causa - Efecto Específicas

El proceso de evaluación de impactos ambientales atribuibles a un proyecto, tiene habitualmente nueve etapas de desarrollo, que se han sintetizado en el cuadro N° 1. En la tercera etapa de la evaluación de impactos ambientales, denominada *Identificación de Impactos* que se pueden atribuir al proyecto, ya sea durante la construcción o la operación, es donde corresponde el uso de estas las Matrices Causa - Efecto Específicas, cuyas características básicas se describen a continuación.

Estas Matrices consisten en una tabla de doble entrada, en la cual en la primera columna se indica las actividades o acciones del proyecto y en cada una de las otras columnas se

indica los factores ambientales que pueden ser afectados por la acción respectiva. De esta forma, en la intersección de una fila de la primera columna (acciones) con una de las otras columnas (factores ambientales), se puede indicar, según el caso, algunas de las siguientes características cualitativas de un impacto ambiental. El significado de la escala o calificación utilizada en estas características cualitativas debe definirse previamente a su aplicación.

- a) Importancia del Impacto : A (alta), M (media) y B (bajo)
- b) Período del impacto : T (temporal) o P (permanente)
- c) Magnitud del impacto : Se utiliza la escala de 1 a 10, sin decimales.

Los factores ambientales que se consideran en las Matrices Causa - Efecto Específicas, son los siguientes :

- a) Factores físicos : Aire (calidad), suelo (uso y calidad), agua (cantidad y calidad).
- b) Factores Biológicos : Flora y Fauna (número de especies diferentes, de cada especie y en algún estado de peligro).
- c) Factores Perceptuales : Paisaje (calidad, visibilidad, fragilidad), Socio-Económicos (nivel), Histórico - Culturales (Existencia de Monumentos Nacionales, Zonas Protegidas, característica cultural específica).

En el cuadro N° 4 se muestra el uso de una Matriz Causa - Efecto Específica, aplicada al caso de la evaluación preliminar del proyecto del embalse Baguales, ubicado sobre el río del mismo nombre, comuna de Torres del Paine, XII Región. Las acciones se han desglosado en etapa de construcción (C-1 a C-5) y etapa de operación (O-1 a O-4). Las características de los impactos se han calificado según su magnitud, importancia y duración, con la siguiente escala :

- Importancia : Alta (A), si representa posibilidad de conflictos que o impactos que signifiquen cambios relevantes en el proyecto; Media (M), si son impactos relevantes pero manejables en el proyecto con mitigaciones; Baja (B) si los impactos son de menor importancia.

- Magnitud : 1 a 2 no se aprecia; 3 a 4 : se aprecia pero es baja; 4 a 6 : requiere analizar y considerar medidas de mitigación; Mayor a 7 : puede significar conflictos en el desarrollo del proyecto y requiere de análisis o estudios más detallados.

- Tiempo : Temporal (T) si la duración está dentro del período de construcción; Permanente (P) si el impacto es durante la operación.

CUADRO N° 4
MATRIZ CAUSA - EFECTO ESPECÍFICA
PROYECTO EMBALSE DE RIEGO BAGUALES, XII REGIÓN

ACCIONES	FACTORES FÍSICOS			FACTORES BIOLÓGICOS		FACTORES PERCEPTUALES	
	AIRE	AGUA	SUELO	FLORA	FAUNA	PAISAJE	SOCIOECONÓMICO
C-1 Instalación de faenas y Campamento	B, 2, T	M, 4, T	M, 4, T	B, 2, T	B, 2, T	M, 4, T	
C-2 Movimiento de tierras	M, 4, T		M, 4, T	B, 2, T	B, 2, T		
C-3 Manejo del cauce		M, 6, T					
C-4 Explotación de empréstitos	B, 2, T		M, 4, P				
C-5 Instalación de servicios para la construcción			B, 2, T				
O-1 Modificación del régimen natural río		A, 8, P				A, 10, P	
O-2 Captación. y Conducción del agua hasta zona riego		A, 8, P					M, 5, P
O-3 Trabajos agrícolas derivados del riego		A, 8, P	A, 8, P				M, 5, P
O-4 Actividad económica derivada del riego							M, 5, P

5.5 Etapa N° 4 : Cuantificación de impactos

5.5.1 Aspectos Generales

La cuantificación de una v.a. en la situación con proyecto, puede hacerse a través de los siguientes métodos :

a) Aplicación de un modelo

El modelo debe representar el comportamiento del sistema, con una confiabilidad aceptable. Ej. la calidad de agua futura en un tramo de río, expresada como conductividad eléctrica, es función del caudal de la descarga de contaminantes del proyecto, aplicando un modelo de calidad de agua.

b) Inferencia o estimaciones sobre la base de casos similares

Esto consiste en suponer que el comportamiento de las v.a. será igual que en algún otro proyecto que esté operando, dadas las similitudes que existen, o bien, se aplican valores recomendados por la literatura especializada, asumiendo que las condiciones son similares. Ej. : El nivel de ruido futuro de una carretera se supone, en forma conservadora, igual al que tiene actualmente una carretera cercana, ya que tienen un flujo vehicular similar.

Debe notarse que las v.a. a cuantificar para la situación con proyecto corresponden a las mismas que se determinaron en la Línea Base. Normalmente, las v.a. relevantes o determinantes en la factibilidad ambiental en un proyecto son pocas. Ej. En un proyecto de una fundición es la calidad del aire medido por el nivel de partículas en suspensión; en un proyecto de un camino nuevo, las interferencias del camino con la infraestructura existente.

5.5.2 Determinación de la calidad ambiental integrada de un sistema de recursos hídricos

Aspectos Generales y Objetivos

Una de las etapas de la Evaluación de Impacto Ambiental de un proyecto es la *Cuantificación de Impactos*, que consiste en la determinación de los valores de cada una de las variables ambientales para la situación del proyecto en fase de construcción, operación o abandono, según se ilustra en la ecuación general siguiente:

$$va_j + \delta_j = va'_j$$

En que:

va_j es el valor de la variable ambiental "j", en la situación sin proyecto.

δ_j es el efecto del proyecto sobre la variable ambiental "j".

va'_j es el valor de la variable ambiental "j", en la situación con proyecto.

La determinación de las va'_j se realiza mediante estimaciones, analogías con otros proyectos o aplicación de fórmulas o modelos, lo cual se define para cada caso.

En este artículo se propone la utilización de un procedimiento para calcular un índice denominado *Calidad Ambiental Integrada* (CAI), que representa el estado ambiental

global del sistema, como una función de las v_{aj} o $v_{a'j}$ para las situaciones sin y con proyecto respectivamente. Para esto, se toma como base el método diseñado por el Battelle Memorial Institute denominado “Método de Batelle”, para evaluar el impacto de proyectos de recursos hídricos.

Procedimiento de cálculo de la *Calidad Ambiental Integrada*

El procedimiento propuesto tiene los cuatro pasos siguientes:

- a) Definición de las variables ambientales relevantes del proyecto a analizar (v_{aj}).
- b) Determinación de la importancia relativa de cada v_{aj} (P_j), entre 0 y 1, de modo que la suma de los P_j sea igual a 1. Para la determinación de los P_j , se puede utilizar metodologías del tipo “Juicio de Expertos”, como la *Técnica Delphi*, mediante la cual se consulta a un grupo de personas, a los cuales se les denomina “expertos”, quienes por su conocimiento y/o experiencia en el tema o proyecto pueden dar una percepción ambiental válida. Para esto, la *Técnica Delphi* establece que esta consulta se debe realizar sin que las personas interrogadas o “expertos” se inhiban de cualquier forma para responder. Luego que cada experto ha respondido, se les da a conocer los resultados globales del grupo consultado, con lo cual el experto podría modificar alguna de sus respuestas. De esta forma se itera hasta que se mantienen sin modificarse todas las respuestas.
- c) Determinación de los valores de la calidad ambiental (C_j) de cada variable ambiental v_{aj} , en escala normalizada entre 0 y 1, con un decimal, en que 0 representa la peor calidad ambiental del sistema y 1 la mejor. Estos valores se determinan para la situación sin proyecto (C_j) y con proyecto (C'_j), para lo cual también se puede aplicar la técnica Delphi.
- d) Cálculo de la *Calidad Ambiental Integrada* (CAI), mediante las expresiones siguientes:
 $CAI = \sum P_j * C_j$ en la situación sin proyecto.
 $CAI' = \sum P_j * C'_j$ para la situación con proyecto.

Ejemplo de Aplicación

En el ejemplo que se ilustra en la figura siguiente, se tiene las tres alternativas siguientes para abastecer agua de riego a una zona:

- Alternativa N°1 consiste en un canal que toma las aguas en la ribera derecha del río y en su trayecto atraviesa un pueblo, y posteriormente llega a la zona de riego.
- Alternativa N° 2 toma las aguas en la ribera izquierda y en su trayecto atraviesa una zona industrial y llega a la zona de riego cruzando el río mediante un sifón.
- Alternativa N° 3 consiste en un bombeo y conducción desde la ribera izquierda del río, frente a la zona de riego.

Cabe destacar que aguas abajo de las bocatomas de las alternativas 1 y 2 se encuentra la toma para el agua potable del pueblo, en tanto que aguas abajo de dicha toma se encuentra la descarga de aguas servidas al río, proveniente del mismo pueblo.

Diagrama de la zona de estudio. Muestra un río central con una curva hacia la izquierda. A la izquierda del río, hay una zona de riego (Zona de Riego) con un punto B, un pueblo (Pueblo) y una zona industrial (Zona Industrial). A la derecha del río, hay una zona industrial (Zona Industrial) y una zona de riego (Zona de Riego). Se indican alturas: Alt. 1, Alt. 2 y Alt. 3. Se muestran también puntos AP y AS.

CALCULO DE LA CALIDAD AMBIENTAL INTEGRADA DEL SISTEMA PARA LA SITUACIÓN SIN PROYECTO Y PARA CADA ALTERNATIVA

j	Variable Ambiental	Pj	Cj	C'j		
				Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
1	Estado ambiental zona trazado alternativa N° 1	0.10	0.80	0.60	0.80	0.80
2	Estado ambiental zona trazado alternativa N° 2	0.10	1.00	1.00	0.90	1.00
3	Estado ambiental zona trazado alternativa N° 3	0.05	1.00	1.00	1.00	0.80
4	Estado Ambiental zona pasada por el pueblo (alternativa 1)	0.20	0.90	0.20	0.90	0.90
5	Grado de Interferencia con captación de A.P. (Alt. 1 y 2)	0.10	1.00	0.80	0.80	1.00
6	Interferencia en tramo de río aguas abajo Bt. Alt. 1 y 2)	0.15	1.00	0.70	0.70	1.00
7	Grado de Interferencia con zona industrial (Alternativa 2)	0.10	1.00	1.00	0.70	1.00
8	Calidad del agua que llega a la zona de riego	0.20	1.00	1.00	1.00	0.30
	CALIDAD AMBIENTAL INTEGRADA ($\sum \sum P_j * C_j$)		0.96	0.74	0.86	0.81

5.5.3 SISTEMA DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL PONDERADO

(Esta sección está basada en el artículo del mismo nombre de la Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Volumen 16 N° 1, año 2001, de los autores Enrique Kaliski Kriguer y Sebastián Videla Hintze)

Resumen

Se presenta un método simplificado de evaluación del impacto ambiental de proyectos de ingeniería, del tipo Calificación Ambiental Ponderado, el cual ha sido aplicado por los autores en distintos Estudios de Impacto Ambiental con resolución ambiental favorable. El método se basa en la determinación o estimación de índices que dan un valor relativo a los efectos del proyecto con la percepción ambiental de la comunidad potencialmente afectada y/o beneficiada por el proyecto.

Aspectos Generales

El artículo 12 de la ley 19.300 sobre bases generales del medio ambiente establece que entre las materias a considerar en un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se deberá incluir una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto. Por otra parte, el decreto 30 de SEGPRES que reglamenta dicha ley establece en el artículo 12, letra g, que la evaluación significa contrastar cada uno de los elementos del medio ambiente descritos, caracterizados y analizados en la línea de base con sus potenciales transformaciones derivadas de la ejecución del proyecto. Adicionalmente se señala que la evaluación de los impactos se efectuará sobre la base de modelos, simulaciones, mediciones o cálculos matemáticos. Cuando, por su naturaleza, un impacto no se pueda cuantificar, su evaluación sólo tendrá un carácter cualitativo.

Este planteamiento legal origina la necesidad de utilizar metodologías de evaluación ambiental de los proyectos. Erickson (1994) agrupa los métodos en cuatro tipos:

1. Método de superposición de planos de información (layers), que requieren el uso de Sistemas de Información Geográficos (SIG).
2. Verificación de impactos, con listas que se elaboran para chequeo de posibles efectos.

3. Matrices causa-efecto, que establecen relaciones entre actividades del proyecto y aspectos ambientales afectados.
4. Cadenas causales (network), que modelan la relación entre actividad del proyecto y efecto ambiental.

El método de matrices causa-efecto es uno de los más aceptados por la facilidad que representa para el evaluador mostrar las relaciones entre actividades y sus efectos. Las más conocidas son: la matriz de Leopold, para análisis cualitativo de proyectos, y la matriz de Batelle para análisis cuantitativo.

Atendiendo al hecho de que ambos métodos envuelven complejidades significativas para su inmediata utilización, varios autores han propuesto métodos simplificados (ver Conesa, 1997), uno de los cuales se presenta en este trabajo, habiendo sido utilizado en distintos EIA's con resolución ambiental favorable.

Los *Métodos de Calificación Ambiental Ponderados* se utilizan para el análisis y selección de alternativas de un mismo proyecto, desde el punto de vista ambiental, en los estudios a nivel de preinversión. Consisten básicamente en la determinación o estimación de índices que dan un valor relativo y que representan los efectos del proyecto sobre el medio, en las etapas de construcción, operación o abandono, de acuerdo a la percepción ambiental de la comunidad potencialmente afectada y/o beneficiada por el proyecto.

En términos generales, un Índice de Calificación Ambiental se puede expresar como una función o fórmula en la que intervienen dos tipos de variables a saber:

- i) Variables según las características del proyecto y del medio afectado, tales como: carácter (positivo o negativo), magnitud e intensidad (según escala de referencia), extensión (según utilización espacial), duración (según tiempo que duren los impactos), reversibilidad (reversible o no o si es tratable), presencia o probabilidad de ocurrencia del impacto, entre otros.
- ii) Ponderadores de las variables anteriores, que dependen de la percepción ambiental, de las prioridades o directrices del proyecto, o bien del criterio y experiencia de los evaluadores.

La Calificación Ambiental por Impacto (CAI)

Para cada elemento ambiental de una zona de riesgo ambiental, se efectúa la calificación de los impactos ambientales, la cual consiste en la asignación de parámetros semicuantitativos, establecidos en escalas relativas, en cada una de las relaciones causa – efecto entre actividades de los proyectos e impactos ambientales. La calificación se efectúa en base a un índice múltiple que refleja las características cuantitativas y cualitativas del impacto. El índice múltiple calculado es la *Calificación Ambiental por Impacto* (CAI), cuya expresión numérica es la siguiente:

$$CAI = (VAE) * M$$

$$M = (Ca)(Ro)(I + E + Du + De + Re)$$

Donde:

CAI : Calificación Ambiental por Impactos (-100 a +100)

VAE : Valor Ambiental por Elemento (1 a 10), que se detalla en tabla N° 1

M : Factor que pondera el valor ambiental por elemento, según detalle en tabla N° 2

Valor Ambiental por Elemento (VAE)

Previo al cálculo del CAI, se establece para cada zona de riesgo el Valor Ambiental por Elemento, considerando en cada caso una ponderación particular para: Estado de Conservación, Abundancia o Escasez e Importancia para el Ecosistema o entorno. Los Atributos del VAE son los que se indican en la Tabla N° 1.

TABLA N° 1: CALIFICACIÓN DE ATRIBUTOS PARA DEFINIR VAE.

ATRIBUTOS			CALIFICACIÓN
Estado de conservación (Es)	Abundancia o escasez (Ab)	Importancia para el ecosistema o entorno (Ec)	
Muy Bueno	Muy escaso	Muy Importante	10 – 9
Bueno	Escaso	Importante	8 – 6
Regular	Relativamente Abundante	Relativamente Importante	5 – 3
Malo	Muy Abundante	Poco Importante	2 – 1

De esta forma, el valor final del VAE se determina aplicando el siguiente algoritmo:

$$\text{VAE} = \text{Es}(p_1) + \text{Ab}(p_2) + \text{Ec}(p_3)$$

Donde:

VAE = Valor Ambiental por Elemento

Es = Estado de conservación del elemento

Ab = Abundancia o escasez del elemento

Ec = Importancia para el ecosistema o entorno

p_1, p_2, p_3 = Factores de ponderación de cada atributo en cada zona de riesgo (0 a 1), tal que $\sum p_i = 1,0$

Cálculo del factor “M”

En la tabla N° 2 siguiente se detalla la descripción y forma de determinar los valores de cada uno de los elementos del factor de ponderación “M”.

TABLA N° 2: DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE PONDERACIÓN DEL VALOR AMBIENTAL POR ELEMENTO (VAE)

FACTOR	DESCRIPCIÓN	VALORES
Carácter (Ca)	Define si la acción es benéfica o positiva o perjudicial o negativa	- Positiva: + 1 - Perjudicial o negativa: -1
Intensidad (I)	La intensidad del impacto expresa la importancia relativa de las consecuencias que tendrá la alteración del Elemento sobre el medio ambiente.	- Fuerte (I = 3), - Medio (I = 2) - Suave (I = 1).
Riesgo de ocurrencia (Ro)	Califica la probabilidad de que el impacto pueda darse durante la vida útil del proyecto.	- Cierto (Ro = 1), - Probable (0,5 a 0,9) - Poco Probable (0,1 a 0,4).
Extensión (E)	Define la magnitud del área afectada por el impacto, correspondiendo ésta a la dimensión de la superficie relativa donde se resiente el impacto.	- Regional (E = 3) - Local (E = 2) - Puntual (E = 1).
Duración (Du)	Es una unidad de medida temporal que permite evaluar el período de tiempo durante el cual las repercusiones serán sentidas o resentidas	- Largo (mayor a 5 años, Du =3) - Media (entre 2 a 5 años, Du =2) - Corta (hasta 2 años, Du = 1).
Desarrollo (De)	Califica el tiempo que el impacto tarda en desarrollarse completamente, es decir, la forma como evoluciona el impacto que se inicia y se manifiesta hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias.	- Rápido (hasta 1 año, De = 3) - Medio (entre 1 a 5 años, De = 2) - Lento (Más de 5 años, De = 1)
Reversibilidad (Re)	Evalúa la capacidad que tiene el efecto de ser revertido naturalmente, una vez que la fuente que provoca el impacto deja de actuar.	- Irreversible (Re = 3) - Parcialmente reversible (Re = 2) - Reversible (Re = 1)

Ejemplo de aplicación

Se tiene dos alternativas para conducir agua a una zona de riego:

- **Alternativa N° 1:** Se capta en el río y se conduce el agua por un canal de 10 Km. que atraviesa un pueblo, para llegar luego hasta la zona de riego. Es posible que las aguas sean contaminadas por basuras y elementos arrojados por personas del pueblo que atraviesa el canal.
- **Alternativa N° 2:** Se capta en el río mediante bombeo, aguas abajo de la bocatoma de la alternativa N° 1, para luego conducir las aguas por un canal de 2 Km. y llegar a la zona de riego. Dado que la captación está aguas abajo de la descarga de aguas servidas del pueblo, es muy probable que las aguas captadas tengan un grado de contaminación.

Se determinará, para cada alternativa, la Calificación Ambiental para el impacto en el factor ambiental físico de "Calidad del agua que llega a la zona de riego."

Primeramente, se debe definir una zona de riesgo por alternativa para cada elemento susceptible de ser impactado, definiendo así las Áreas de Influencia Directa, siendo cada cual valorizada ambientalmente a través del VAE. Estas áreas no son iguales para las alternativas mencionadas, por lo cual cada VAE podría presentar valores distintos. Sin embargo por simplicidad tomaremos un mismo valor.

Para determinar el VAE de cada área se ha considerado que el estado de conservación es bueno ($E_s = 8$), los recursos naturales de la zona son relativamente abundantes ($A_b = 5$) y es relativamente importante para el ecosistema o entorno ($E_c = 5$). En este caso, los factores de ponderación p_1 , p_2 y p_3 se consideran todos iguales a $1/3$. Con estos valores, resulta : $VAE = (1/3)*(8) + (1/3)*(5) + (1/3)*(5) = 6,0$.

En la tabla N° 3 siguiente se detalla los factores de ponderación del VAE, para las alternativas 1 y 2 del proyecto.

TABLA N° 3: FACTORES DE PONDERACIÓN DEL VAE PARA EL CASO EJEMPLO

ALTER-NATIVA	Carácter (Ca)	Riesgo Ocurrencia (Ro)	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (Du)	Desarrollo (De)	Rever-civilidad (Re)	M
1	-1	0,5	2	1	3	1	1	-4,0
2	-1	0,9	3	1	3	1	1	-8,1

Finalmente, la *Calificación Ambiental por Impacto* (CAI), de cada alternativa resulta:

- Alternativa N° 1 : $CAI = (6,0)(-4,0) = -24,0$
- Alternativa N° 2 : $CAI = (6,0)(-8,1) = -48,6$

Según estos resultados, el impacto ambiental en el factor calidad de agua que llega a la zona de riego tiene una calificación ponderada menor en el caso de la alternativa N° 2, con respecto a la alternativa N° 1. Esto representa, como síntesis, que la alternativa N° 2 se percibe como menos conveniente que la N° 1, básicamente por la forma en que se puede realizar la contaminación en cada caso (riego de ocurrencia, Ro) y por la intensidad respectiva (factor I).

5.6 Etapa N° 5 : Valorización de impactos

Esta etapa consiste en determinar la importancia de los impactos identificados y cuantificados, con respecto a la percepción ambiental de los afectados en forma directa o indirecta. La valoración tiene relación con decidir de acuerdo a principios o políticas del dueño del proyecto, si asume el riesgo y/o los costos de los impactos ambientales identificados. Se considera los impactos evaluados de acuerdo a :

- Percepción ambiental de la comunidad
- Leyes, reglamentos y disposiciones legales a cumplir
- Imagen del proyecto o de la empresa inversionista.
- Otros factores.

Para esto, una forma de tener algún elemento de decisión es plantearse ¿Qué pasaría si no tomo en cuenta un cierto impacto ?. Al dar la respuesta, se evalúa si la consecuencia es lo suficientemente relevante como para asumir el costo que implique reconocer el impacto atribuible al proyecto.

De esta forma, los impactos determinados anteriormente, después de esta etapa, pueden redefinirse con alguna de las siguientes alternativas :

- a) Mantener los impactos, lo cual implica que se reconocen como válidos y se asume plenamente los costos de las mitigaciones, compensaciones y en general todo lo que implique.
- b) Se disminuye el perfil de los impactos, de modo que se asume un riesgo de tener conflictos, a cambio de una disminución en los costos de las mitigaciones. En este caso, el dueño o responsable del proyecto es quien determina el riesgo a asumir.
- c) Revisar los estudios realizados y/o realizar otros análisis para tener mayor información para la decisión.

5.7 Etapa N° 6 : Selección de alternativas

En esta etapa corresponde efectuar la decisión de la mejor alternativa del proyecto, desde el punto de vista ambiental. Las alternativas pueden ser de diversa importancia, a saber :

a) Alternativas no estructurales

Corresponde a alternativas que no implican cambios en las obras, sino en los métodos o procedimientos de construcción o de operación, sin modificar en forma relevante las características del proyecto. Ej. Seleccionar un horario de trabajo de menor interferencia con la comunidad, seleccionar una secuencia de actividades para una mejor coordinación con los intereses de la comunidad, etc.

b) Alternativas estructurales.

Corresponde a alternativas que modifican obras, sin cambiar en forma sustancial el objetivo del proyecto. Ej. Cambio de trazado de un camino, para evitar conflictos, cambio de ubicación de una fábrica.

5.8 Etapa N° 7 : Mitigación, atenuación, compensación ambiental y prevención

La mitigación o atenuación se refiere a las medidas estructurales o no estructurales tendientes a disminuir el impacto ambiental del proyecto. Tanto los costos como las especificaciones técnicas relacionadas con estas medidas y todo otro antecedente que sea parte de su definición, deben ser incorporadas al proyecto que se construirá.

Las medidas de mitigación deben expresarse con los siguientes antecedentes :

- Descripción

- Planos y/o especificaciones técnicas que requiera.
- Especificaciones para la operación, si requiere.
- Presupuesto

Debe tenerse presente que las medidas de mitigación son un costo más del proyecto y por lo tanto, deben considerarse en la evaluación económica.

5.9 Etapa N° 8 : Monitoreo y plan de seguimiento ambiental

El monitoreo consiste en la definición de un plan o programa de seguimiento durante la etapa de operación, de algunas variables ambientales relevantes, con el propósito de controlar la mantención en el tiempo de las condiciones ambientales estipuladas en el proyecto.

El monitoreo debe hacerse siguiendo un plan de seguimiento o vigilancia ambiental previo, el cual debe contener los siguientes antecedentes :

- Definición de las v.a. a medir : Cuáles v.a., lugar exacto, periodicidad, método de medición y control.
- Método de elaboración o cálculo de resultados y la forma en que se captarán y almacenarán los datos.
- Forma cómo se hará el Análisis de resultados, normas o estándares de comparación, niveles críticos y peligrosos de las v.a.
- Plan de gestión y acción según los resultados de las v.a. medidas. Se define las acciones a seguir, en caso que las v.a. medidas sobrepasen límites establecidos.

Finalmente, el plan de monitoreo debe tener un presupuesto anual, con desglose mensual si lo requiere para los flujos de caja. Las inversiones correspondientes deben incluirse en la evaluación económica.

5.10 Etapa N° 9 : Factibilidad ambiental

Con los antecedentes anteriores, en esta etapa se responde a las siguientes cuestiones :

- El proyecto, ¿ puede cumplir con las exigencias legales, normas y exigencias externas ?
- Los costos de las mitigaciones y/o monitoreo ¿ permiten que el proyecto sea rentable y sustentable en el tiempo ?
- La percepción ambiental en el área de influencia del proyecto, ¿ es la adecuada para garantizar que no se producirán conflictos durante la construcción y la operación ?
- Los impactos ambientales negativos que genera el proyecto, ¿ pueden representar una amenaza para el normal desarrollo de éste, en cualquier aspecto y etapa ? ¿ Pueden estos impactos influir negativamente, en forma sustancial en la imagen del proyecto y/o del inversionista ?