



MODELO DE REPRESENTACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE PROYECTOS O ACTIVIDADES CON RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL (RCA) A NIVEL NACIONAL

Autor: Luis Abdón Cifuentes Lira

Director de GreenLabUC en DICTUC S.A.; Director de Responsabilidad Social en la Escuela de Ingeniería UC; Profesor Adjunto del Departamento en Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). En cuanto a su formación se destacan los siguientes grados: Ph.D. in Engineering and Public Policy, MSc in Engineering and Public Policy y MSc in Civil Engineering, en Carnegie Mellon University; e Ingeniero Civil PUC.

Su área de investigación se centra en las siguientes temáticas: Políticas Públicas, Análisis de Riesgo, Salud Humana, Cambio Climático y Calidad del aire, entre otras, con aproximadamente 20 años de experiencia.

Santiago, Noviembre de 2012

Equipo de Trabajo

Luis Abdón Cifuentes Lira
lac@ing.puc.cl

Marcelo Miranda Salas
mmirands@uc.cl

Andrés Pica Téllez
andrespica@greenlabuc.cl

Nicolás Borchers Arriagada
nicolasborchers@greenlabuc.cl

Andrés Romero Orellana
aromero@greenlabuc.cl

Tabla de contenido

LISTA DE TABLAS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	6
1. RESUMEN	7
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	7
1.1.1 <i>Objetivos específicos</i>	8
2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	9
2.1 RESUMEN DE METODOLOGÍAS INTERNACIONALES REVISADAS	12
3. MODELO DE PRIORIZACIÓN DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL.....	23
3.1 MODELO CUANTITATIVO DE RIESGO AMBIENTAL.....	23
3.2 MODELO DE RIESGO RELATIVO PARA LA PRIORIZACIÓN.....	25
3.2.1 <i>Descripción del Modelo</i>	26
4. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DEL MODELO.....	28
4.1 ÍNDICE DE LIBERACIÓN.....	29
4.1.1 <i>Cantidad de Liberaciones</i>	29
4.1.2 <i>Peligrosidad</i>	29
4.1.3 <i>Estimación del Índice</i>	29
4.1.4 <i>Ajuste según Historial de Incumplimiento</i>	37
4.1.5 <i>Ajuste de Calidad Ambiental Base</i>	39
4.1.6 <i>Ajuste de Monitoreo Ambiental</i>	40
4.1.7 <i>Resumen</i>	42
4.2 ÍNDICE DE CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO	44
4.2.1 <i>Receptores</i>	44
4.2.2 <i>Subíndice de Transporte y Destino y Exposición (TyDyE)</i>	44
4.2.3 <i>Subíndice de Vulnerabilidad</i>	48
4.2.4 <i>Cálculo del Índice de Características del Entorno</i>	52
4.3 ÍNDICE DE PERCEPCIÓN DE RIESGO.....	58
4.3.1 <i>Estimación del Índice</i>	58
4.4 ÍNDICE DE RIESGO AMBIENTAL.....	62
5. REFERENCIAS	64

Lista de Tablas

Tabla 2-1 Resumen Metodologías de Priorización para la Fiscalización Ambiental	13
Tabla 2-2 Variables consideradas en metodologías de priorización según país.....	20
Tabla 4-1 Estimación cantidad de liberación	30
Tabla 4-2 Ejemplo Estimación Liberaciones	31
Tabla 4-3 Umbral de Emisiones al Aire (kg/año)	31
Tabla 4-4 Umbral de Descarga al Agua o Alcantarillado (kg/año)	33
Tabla 4-5 Umbrales según cantidad y tipo de residuos (ton/año)	36
Tabla 4-6 Niveles información – Índice de Liberación	37
Tabla 4-7 Niveles información – Ajuste Historial de Incumplimiento	38
Tabla 4-8 Tabla Ponderador Ajuste por Incumplimiento detectado en Fiscalización	38
Tabla 4-9 Niveles información – Ajuste de Calidad Ambiental Base.	39
Tabla 4-10 Tabla de asignación de puntajes/zonas.	40
Tabla 4-11 Niveles información – Ajuste de Monitoreo Ambiental	41
Tabla 4-12 Puntajes Ajuste de Monitoreo Ambiental	42
Tabla 4-13 Niveles información – Índice Características del Entorno	45
Tabla 4-14 <i>Buffers</i> considerados para subíndice de TyDyE	48
Tabla 4-15 Puntaje según proximidad a receptores de interés – subíndice de TyDyE	48
Tabla 4-16 Niveles información – Subíndice de Vulnerabilidad	49
Tabla 4-17 Puntajes de ajuste de vulnerabilidad de la población humana	52
Tabla 4-18 Ejemplo asignación de puntajes subíndice de TyDyE	53
Tabla 4-19 Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Vulnerabilidad: Población Humana	54
Tabla 4-20 Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Vulnerabilidad: Receptor Ecosistémico y Patrimonio Cultural	55
Tabla 4-21 Ejemplo estimación puntaje de características del entorno.....	55
Tabla 4-22 Ejemplo estimación puntaje normalizado de características del entorno.....	56
Tabla 4-23 Ponderadores Índice características del entorno	57
Tabla 4-24 Ejemplo estimación Índice de Características del Entorno	57
Tabla 4-25 Niveles información – Índice de Percepción del Riesgo.....	58
Tabla 4-26 Índice de Riesgo Percibido según Letra Tipología SEIA.....	59
Tabla 4-27 Ponderador de ajuste por tiempo desde última fiscalización	63

Lista de Figuras

Figura 2-1 Tendencia en el número de inspecciones anuales (cambio % desde 2003)	10
Figura 2-2 Incumplimientos Detectados por cada 100 Inspecciones	11
Figura 3-1 Modelo General de Análisis de Riesgo	24
Figura 3-2 Categorización de riesgo ambiental en contaminación atmosférica.....	26
Figura 3-3 Modelo de Riesgo Relativo Ambiental	27
Figura 4-1 Representación esquemática de la representación espacial de proyectos	46
Figura 4-2 Justificación para eliminar <i>buffers</i> de radio pequeño	47

Acrónimos y Abreviaturas

Instituciones

SMA: Superintendencia del Medio Ambiente de Chile

MMA: Ministerio del Medio Ambiente de Chile

Países

EE.UU: Estados Unidos de América

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

UE: Unión Europea

Abreviaturas

MEDAM: Estudio “Metodología para la Determinación y Caracterización del Daño Ambiental y del Peligro de Daño Ocasionado”

RCA: Resolución de Calificación Ambiental

SIG: Sistema(s) de Información Geográfica

1. Resumen

La Ley 20.417 que modifica la Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley 19.300), funda una nueva institucionalidad Medioambiental en el país, pues crea un conjunto de organismos destinados al cuidado del Medio ambiente, a saber: el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Este último tiene por objetivo, ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental (PPDA), del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.

De esta manera, la SMA tiene ante sí una tarea excepcional, pues además de **fiscalizar** el cumplimiento de más de 12 mil resoluciones de calificación ambiental, debe también aplicar las **sanciones** en los casos en que se requiera.

El presente estudio responde principalmente a las siguientes preguntas:

- ¿Qué proyectos se deben fiscalizar con mayor frecuencia?; ¿Dónde focalizar los esfuerzos de fiscalización, de manera de abarcar aquellos proyectos que representen un mayor riesgo ambiental?

Para responder estas preguntas, la SMA licitó el desarrollo del sistema objeto de este estudio. Sistema que además, debe optimizar la tarea de fiscalización, priorizando los proyectos o actividades con RCA, en base al riesgo ambiental asociado a cada uno.

Dicho sistema consiste en un algoritmo de riesgo ambiental, y una herramienta informática que lo automatiza. se construyó basándose en la revisión de metodologías internacionales que usan principios de riesgo ambiental para priorizar sus fiscalizaciones, revisando una decena de países y aplicando un análisis FODA para estudiar su aplicabilidad al caso chileno. Posteriormente, se creó el algoritmo para Chile con tres índices primarios: Índice de Liberaciones (caracteriza las liberaciones según cantidad y peligrosidad), Índice de Características del entorno (mide vulnerabilidad y Exposición de los receptores) y el Índice de Percepción del Riesgo (ajusta el valor del riesgo de una RCA en función de la percepción que la población tiene de ella).

1.1 Objetivos del estudio

El objetivo general del presente estudio es generar un modelo de representación del riesgo ambiental, que permita priorizar la fiscalización de los proyectos o actividades con RCAs, optimizando así la inspección de los proyectos más riesgosos a nivel ambiental.

De esta manera, esta herramienta servirá de apoyo a la gestión estratégica de las respuestas de la SMA frente a una parte importante de los incumplimientos de su competencia.

1.1.1 Objetivos específicos

- i. Analizar metodologías internacionales que permitan priorizar proyectos o actividades con Resolución de Calificación Ambiental, mediante principios de análisis de riesgo ambiental.
- ii. Desarrollar un algoritmo que permita generar un índice de riesgo ambiental (categorizado) para los proyectos o actividades con RCAs nacionales. Dicho algoritmo será desagregado en índices primarios de:
 - a. *Índice de Liberación*
 - b. *Índice de Características del Entorno.*
 - c. *Índice de Percepción del Riesgo*
 - d. *Índice de Riesgo Ambiental.*

2. Experiencias internacionales

El diseño de sistemas que permitan asegurar un debido cumplimiento de la normativa ambiental es un tema relevante, específicamente, por la demanda que tiene la sociedad en la creación de políticas efectivas que puedan compatibilizar, tanto el cuidado del medio ambiente como el crecimiento económico del país. Sin embargo, los países de la OCDE no han tenido éxito en alcanzar las metas propuestas.

Asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental es un difícil desafío por varias razones (OCDE 2009):

- Casi nunca existe un total cumplimiento de los requerimientos ambientales;
- definir un nivel apropiado de cumplimiento puede ser desafiante;
- detectar y tomar acción contra el no cumplimiento es complejo e intensivo en el consumo de recursos; y
- las instituciones que aseguran el cumplimiento de los requerimientos ambientales, tienen que ser lo suficientemente independiente y equipados para resistir la presión política indebida o la corrupción.

Los bajos niveles de cumplimiento pueden tener varias causas, como por ejemplo, incentivos inadecuados, inexistencia o mal diseño de herramientas de fiscalización y falta de capacidad institucional.

Para asegurar el cumplimiento ambiental es fundamental que el Monitoreo del Cumplimiento Ambiental esté bien diseñado. Se entiende por Monitoreo del Cumplimiento a la: "recolección y análisis de información sobre estados de cumplimiento" (OCDE 2009). Dentro de esta etapa se pueden incluir tanto inspecciones gubernamentales, auditorías o investigaciones, monitoreo de la calidad ambiental, auto-monitoreo y reportes por parte de las entidades reguladas, así como también monitoreo ciudadano. Sin embargo, los recursos del Estado son limitados y están sobrepasados sustancialmente por los requerimientos de la industria, por lo que no es posible realizar fiscalizaciones a cada uno de los proyectos con potencial impacto sobre el medio ambiente (se entiende que cualquiera sea la actividad o proyecto, ésta implica un impacto sobre el medio ambiente o alguno de sus componentes).

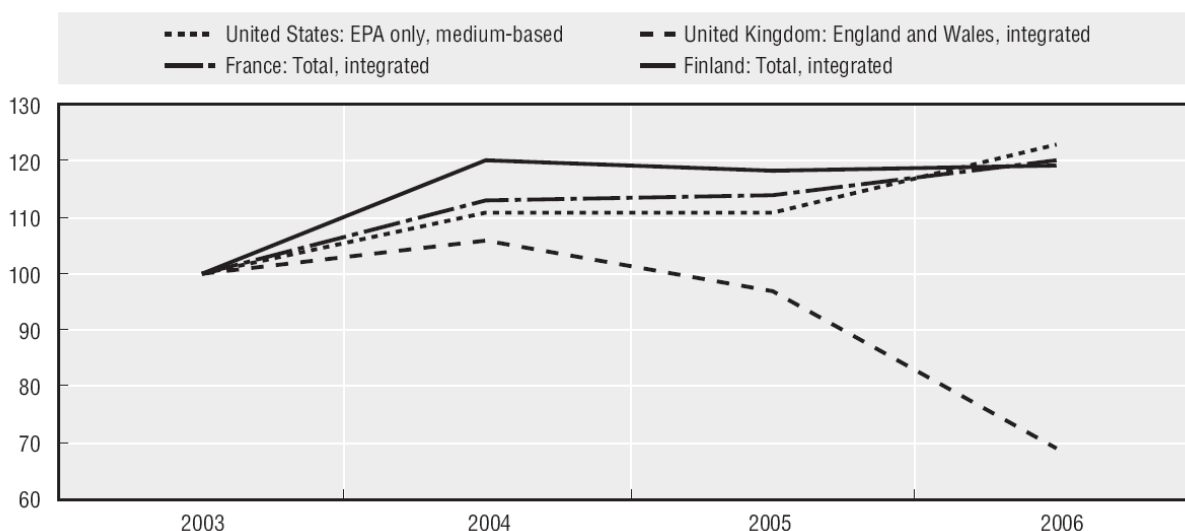
Las inspecciones de cumplimiento realizadas por autoridades gubernamentales o en algunos casos por terceras partes contratadas son de gran utilidad, en comparación con otras herramientas de cumplimiento, pues tiene el potencial de detectar problemas operacionales y de cumplimiento, que el monitoreo de emisiones o de la calidad ambiental no pueden revelar.

En el estudio, *"Ensuring Environmental Compliance: Trends and Good Practices"*, realizado por la OCDE (2009) se detectan principalmente dos enfoques utilizados para calendarizar las inspecciones en terreno. Por un lado, en el Reino Unido, E.E.U.U, Japón, Rusia y China las visitas se realizan principalmente sin previo aviso para así poder observar las operaciones rutinarias.

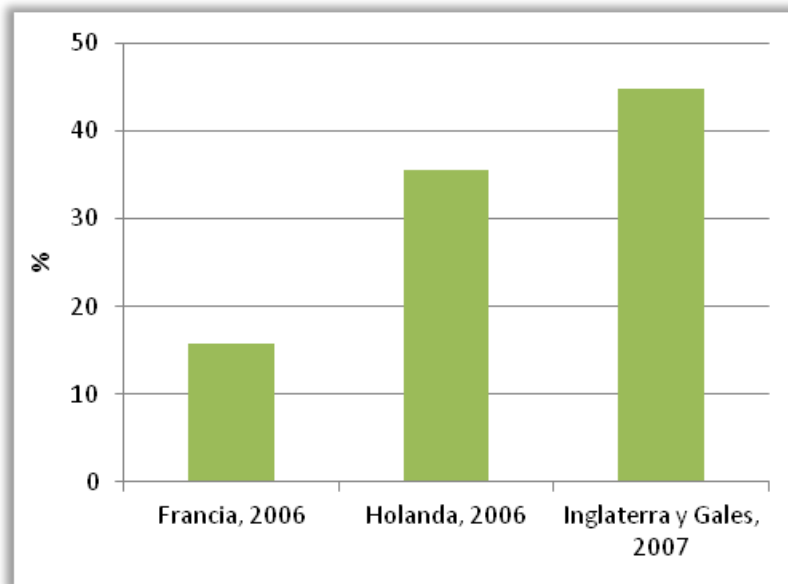
Mientras que en Francia, Finlandia y Holanda las inspecciones se avisan previamente para así asegurar la presencia de trabajadores relevantes en el sitio. Estas inspecciones son gatilladas principalmente por accidentes, reclamos o por la necesidad de tomar muestras de contaminación.

Con respecto a los países analizados en el estudio de la OCDE (2009), existen diversas tendencias en cuanto al número de inspecciones anuales realizadas. En Francia, EE.UU y China se han desarrollado un número creciente de inspecciones entre los años 2001 y 2006, mientras que en Japón el número de inspecciones se ha mantenido estable durante el tiempo. Por otro lado, en países como el Reino Unido, Holanda y Rusia existe una tendencia a la reducción de inspecciones, y en Finlandia una tendencia a la estabilización. Los recursos asignados para monitorear el cumplimiento, están directamente relacionados con la cantidad de inspecciones realizadas durante un período. En el caso de EE.UU. y Francia, este aumento podría estar relacionado con la focalización programada de esfuerzos de inspección. Al comparar además las cifras, con respecto a porcentaje de incumplimiento (Figura 2-2), es posible apreciar que Inglaterra y Gales juntos, poseen un nivel más alto de incumplimiento detectado, en comparación con Holanda y Francia, con valores de **44.9%**, **35.6%** y **15.7%** respectivamente. Esto permite destacar la efectividad que tiene el caso del Reino Unido, por lo menos al comparar el nivel de confianza de detección de incumplimiento con los casos de Holanda y Francia (OCDE 2009).

Figura 2-1 Tendencia en el número de inspecciones anuales (cambio % desde 2003)



Fuente: US EPA, Agencia Ambiental de Inglaterra y Gales, Ministerio de Desarrollo Sostenible de Francia, Ministerio del Ambiente de Finlandia (2007 – 2008).

Figura 2-2 Incumplimientos Detectados por cada 100 Inspecciones

Fuentes: Ministerio de Desarrollo Sustentable, Francia (2008); Secretariado Nacional de Coordinación de Fiscalización Ambiental, Holanda (2006), Agencia Ambiental, Inglaterra y Gales (2008).

La focalización de inspecciones basadas en el riesgo es una tendencia en los países de la OCDE (también en otros países como China y Rusia), sin embargo, todavía existen inspecciones aleatorias (OCDE 2009). Cabe señalar, que la regulación basada en el riesgo busca enfocar esfuerzos de fiscalización en aquellas fuentes que implican un mayor riesgo en la salud humana y el medio ambiente. Existen diversos factores que influyen en el riesgo, como por ejemplo, el tipo de actividad, la localización de una instalación, el historial de cumplimiento, etc.

De acuerdo a la guía "*DOING THE RIGHT THINGS II: Step-by-step Guidance Book for Planning of Environmental Inspection*", realizada por la Red de la Unión Europea para la Aplicación y el Cumplimiento de la Legislación Ambiental (IMPEL 2008), la definición de prioridades para la fiscalización comienza con un análisis de riesgo. En un sentido amplio de la palabra, el riesgo incluye cualquier factor que la autoridad quiera considerar al momento de asignar prioridades, por ejemplo, se puede considerar riesgo ambiental, social, económico, de cumplimiento, etc. No obstante, al existir recursos limitados y una multitud de tareas a cumplir, es necesario definir puntualmente prioridades, las que serán establecidas de acuerdo a los resultados del análisis de riesgo. Este último, puede ser una lista de actividades/proyectos categorizados, por ejemplo, como de: "riesgo alto", "riesgo medio" o "riesgo bajo". De esta manera, mientras más alto sea el riesgo, mayor prioridad tendrá para ser fiscalizado. Si bien es cierto, este documento entrega recomendaciones para los países europeos, no explicita claramente la metodología de priorización, estimación o aproximación del riesgo a utilizar.

Para efectos de este estudio, se realizó una revisión de distintas metodologías, que incluyó tanto países de la OCDE como países de Latinoamérica, en los que se revisó conceptualmente el

marco bajo el cual se controla el cumplimiento de la normativa ambiental, además de la metodología de fiscalización utilizada.

2.1 Resumen de metodologías internacionales revisadas

De la revisión de las metodologías de priorización es posible extraer muchas lecciones, pues existe una gran variedad, tanto de las metodologías como de la disponibilidad y transparencia de los algoritmos utilizados en ellas. Mientras que en Europa y países de la OCDE es cada vez más común la utilización de metodologías de priorización de inspecciones ambientales, basadas en el riesgo operacional y/o ambiental, no es posible decir lo mismo de América Latina. En esta región, el uso de modelos de riesgo para priorizar la fiscalización ambiental se encuentra en una etapa incipiente y en caso de existir no es posible tener acceso a aquellos modelos o algoritmos utilizados. También, es posible destacar la metodología creada por el Reino Unido, OPRA, la cual ha sido aplicada de manera modificada en varios países de la OCDE y/o europeos.

La Tabla 2-1, presenta de manera resumida las metodologías de priorización utilizadas en las experiencias internacionales revisadas. Se destacan los componentes de cada algoritmo, además del sistema de puntajes o categorías utilizados. No obstante, no fue posible obtener información completa para todos los casos revisados, como es el caso de México, que solamente entrega un listado de actividades o giros priorizados, y el caso de Colombia que solamente entrega criterios a considerar.

Tabla 2-1 Resumen Metodologías de Priorización para la Fiscalización Ambiental

País	Componentes	Descripción	Puntaje Utilizado	Categoría Asignada	Categoría o Puntaje Final	Disponibilidad Algoritmo
Reino Unido	Complejidad	Tipos de actividades que están cubiertas por el permiso ambiental. Se considera: qué es lo que se hace y los materiales peligrosos en el sitio, qué se libera o se podría liberar al ambiente, la cantidad de trabajo que la agencia tiene que hacer para asegurarse que exista cumplimiento y se mantenga la confianza ciudadana.	Sin Información	A-E	Sin Información	Existe una planilla Excel que realiza el cálculo de la categoría y costo del permiso ambiental
	Emisiones	Cantidad permitida según los siguientes medios: Aire, Agua, Suelo y Residuos		A-E		
	Ubicación	Condición del medio ambiente en el sitio. Se observa la distancia a población humana, sitios de interés, cuerpos de agua, si la zona tiene un programa de mejoramiento de la calidad del aire, etc.		A-E		
	Desempeño del Operador	Sistemas de gestión e historial de cumplimiento.		A-E		
	Clasificación del Cumplimiento	Este atributo corresponde a una calificación del historial del permiso ambiental. Se actualiza cada año.		A-F		
República de Irlanda	Complejidad	Se asigna un puntaje en base al tipo de actividad(es). Algunas actividades son más complejas, y esto requiere de un mayor esfuerzo regulatorio para el cumplimiento de los permisos.	1 a 5 (para cada actividad, se suman)	Bajo, Medio, Alto	A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2.	Existe una planilla Excel que realiza el cálculo
	Emisiones	Se consideran emisiones al aire, agua, alcantarillado y residuos. Esta categoría podrá ser ajustada en caso que la instalación haya tenido más de 3 incumplimientos en alguna de las emisiones durante los últimos 12 meses.	0 a 3 (para cada receptor, se suman)	Bajo, Medio, Alto		

País	Componentes	Descripción	Puntaje Utilizado	Categoría Asignada	Categoría o Puntaje Final	Disponibilidad Algoritmo
	Ubicación	En este atributo se identifica si la instalación podría afectar algún receptor ambiental clave (incluyendo al ser humano). Se considera proximidad a receptores sensibles, proximidad a sitios ecológicos protegidos, existencia de aguas subterráneas protegidas, vulnerabilidad del sitio, si es o no una zona protegida y sensibilidad de las aguas receptoras.	0 a 3 (para cada receptor ambiental)	Bajo, Medio, Alto		
	Desempeño del Operador	Se asigna un puntaje según las prácticas de gestión ambiental y de los incidentes que han sucedido durante el año.	1) -6 a 0 (Gestión Ambiental) 2) 0 a 12 (Historial de Incidentes)	Bajo, Medio, Alto		
	Historial de Fiscalización	El puntaje asignado a este atributo se basa en: número de quejas, número de incumplimientos notificados, número de notificaciones, la existencia de problemas de contaminación de suelo o agua subterránea en la instalación.	0 a 9 (dependiendo de la pregunta)	Bajo, Medio, Alto		
España	Cantidad	Cantidad de sustancia emitida sobre el entorno	1 a 4	Muy poca, Poca, Alta, Muy Alta	Se asigna puntaje en base a dos categorías: -Gravedad: No relevante, Leve, Moderado, Grave, Crítico -Riesgo: Bajo, Moderado, Medio, Alto, Muy alto	Ecuaciones muy sencillas para estimar los puntajes y categorías de riesgo
	Peligrosidad	Peligrosidad intrínseca de las sustancias		No peligrosa, Poco peligrosa, Peligrosa, Muy peligrosa		
	Extensión	Espacio de influencia del impacto en relación con el entorno, población y medio considerado.		Puntual, Poco extenso,		

País	Componentes	Descripción	Puntaje Utilizado	Categoría Asignada	Categoría o Puntaje Final	Disponibilidad Algoritmo
				Extenso, Muy extenso		
	Calidad del medio	Área afectada en función del impacto y su reversibilidad		Baja, Media, Elevada, Espacio protegido		
	Población afectada	Número estimado de personas afectadas		Baja, Media, Elevada, Muy elevada		
	Patrimonio y capital productivo	Efecto sobre el patrimonio económico y social afectado		Muy bajo, Bajo, Alto, Muy alto		
Moldavia	Riesgo ambiental específico del sector	Se asignó un puntaje a las actividades económicas de Moldavia, de acuerdo a revisión bibliográfica y el criterio de expertos.	5 a 40	No Aplica	Riesgo Bajo: 0 a 50 puntos Riesgo Medio: 51 a 100 puntos Riesgo Alto: Sobre 100 puntos	Si, se suman los, que luego determinan una categoría de riesgo y frecuencia de fiscalización.
	Estado de prioridad local o nacional del sector	Se agregaron puntos si el sector está dentro de algún programa o estrategia de prioridad nacional o local.	0 a 30			
	Diseño del proceso de producción y características de modernización	Se asignó un puntaje de acuerdo a la antigüedad de la última mejora tecnológica y a la presencia de tecnologías de minimización de residuos y de ahorro de energía.	-15 a 20			
	Calidad de las tecnologías de control de la contaminación	Puntaje refleja la adecuación de su diseño y operación.	-5 a 10			
	Sensibilidad y proximidad de receptores	La intención de este criterio es caracterizar el potencial daño a la salud humana y el medio ambiente, considerando la distancia entre las	0 a 50			

País	Componentes	Descripción	Puntaje Utilizado	Categoría Asignada	Categoría o Puntaje Final	Disponibilidad Algoritmo
		fuentes de contaminación y los receptores, así como también la sensibilidad de éstos últimos.				
	Auto-monitoreo y reporte	Considera la existencia de programas de auto-monitoreo.	0 a 30			
	Historial de cumplimiento	Considera los tipos de sanciones que ha recibido el operador.	0 a ilimitado			
	Sistemas de gestión ambiental corporativos	Considera la existencia y entrenamiento del personal con respecto al medio ambiente. Además, deben contar con certificación formal de un sistema de gestión ambiental.	-20 a 10			
Australia	Consecuencia	Toma en cuenta los impactos actuales o potenciales sobre la salud humana, el medio ambiente y las amenidades. También considera la escala y la duración de cualquier daño o impacto y el nivel de preocupación pública.	Sin Información	Baja, Menor, Moderada, Mayor y Severa	Categoría que combina consecuencia y probabilidad de incumplimiento	No
	Probabilidad de incumplimiento	Se considera: a) historial del negocio – incidentes pasados, reportes de cumplimiento y de contaminación; b) Sistemas para identificar y gestionar el riesgo ambiental; c) Competencias del negocio y sus operadores; d) nivel de recursos destinados a la gestión ambiental, cumplimiento y mantención.		Baja, Poco probable, Posible, Muy probable, Cierta		
México	Tamaño de las fuentes contaminantes	Sin Información	Sin Información	Sin Información	Sin Información	Se entrega un listado de tipos de actividades priorizadas de mayor a menor riesgo
	Complejidad de los procesos productivos que caracterizan a cada giro de actividad					
	Materias primas que se emplean para obtener					

País	Componentes	Descripción	Puntaje Utilizado	Categoría Asignada	Categoría o Puntaje Final	Disponibilidad Algoritmo
	productos inocuos o con cierto grado de peligrosidad Impacto ambiental y el riesgo que conlleva el efectuar de por sí esas actividades productivas Generación de contaminantes que se emiten a la atmósfera y los residuos peligrosos obtenidos como subproductos y productos secundarios.					
Perú	Contribución Económica de la Zona		-Alta Participación: 5 puntos -Mediana Participación: 3 puntos -Baja Participación: 1 punto	No Aplica	Valor entre 1 y 3125	Simple algoritmo que pondera los distintos atributos
	Conflictos sociales sin resolver	N° de conflictos sociales sin resolver en los 2 últimos años que genera dicha actividad	-Mayor o igual a 3: 5 puntos -1 o 2 conflictos: 3 puntos -0 conflictos: 1 punto			
	Vulnerabilidad del Medio	¿Existen poblaciones o áreas naturales protegidas aledañas expuestas a la actividad?	-Si: 5 puntos -No: 1 punto			

País	Componentes	Descripción	Puntaje Utilizado	Categoría Asignada	Categoría o Puntaje Final	Disponibilidad Algoritmo
	Historial de Fiscalización	¿Se han desarrollado supervisiones anteriores para esa actividad en la zona?	-No: 5 puntos -Si: 1 punto			
	Historial de incumplimiento	¿Existen incumplimientos ambientales como resultado del desarrollo de la actividad?	-Si: 5 puntos -No: 1 punto			
Colombia	Características del Proyecto	Importancia de los impactos ambientales, dada por las condiciones y características del proyecto (según el estudio ambiental)	Sin Información	Sin Información	Sin Información	Sin Información
	Sensibilidad de la zona	Grado de sensibilidad ambiental en la zona de ubicación del proyecto (según el estudio ambiental)				
	Historial de Quejas	Existencia o frecuencia de quejas presentadas por la comunidad o por otras entidades públicas o privadas (oficios recibidos por la autoridad ambiental competente).				
	Impactos ambientales	Carácter del impacto ambiental, que pueda ocurrir o que haya ocurrido por el incumplimiento de las actividades, o también, por la presencia de impactos no previstos durante la ejecución del proyecto.				

A continuación, en la Tabla 2-2 es posible apreciar las variables que se utilizaron para caracterizar los distintos procesos y subprocesos del Análisis de Riesgo Ambiental. Se observa, destacado en gris, aquellas variables que fueron más utilizadas en las distintas experiencias revisadas, las cuales se listan a continuación:

- Complejidad de la instalación
- Emisiones (aire, agua, suelo, residuos)
- Áreas protegidas aledañas
- Población expuesta
- Ubicación de la instalación
- Sensibilidad del ambiente receptor
- Proximidad a zonas residenciales
- Historial de cumplimiento (incumplimiento)
- Existencia de sistemas de gestión ambiental
- Rendimiento operacional

Tabla 2-2 Variables consideradas en metodologías de priorización según país

Proceso	Subproceso	Variable	UK	Irlanda	España	Moldavia	México	Perú	Colombia
Liberación	Tipo de proceso	-Complejidad de la Instalación	✓	✓		✓	✓		
		-Antigüedad de la Tecnología				✓			
		-Calidad de tecnologías de control de contaminación				✓			
	Tipo de agente de riesgo	-Complejidad y Tamaño de la Instalación					✓		
		-Tipo de Instalación					✓		
		-Características del Sector				✓	✓		
	Emisión de Agentes de Riesgo	-Aire	✓	✓	✓		✓		
		-Agua	✓	✓	✓				
		-Suelo	✓	✓	✓				
		-Alcantarillado		✓					
Transporte y Destino	Concentración en el Ambiente	-Residuos	✓		✓		✓		
		-Ubicación de la instalación	✓	✓					
	Población o componentes ambientales expuesta	-Extensión de influencia							
		-Áreas protegidas aledañas	✓	✓					✓
		-Población expuesta	✓	✓	✓				✓
		-Ubicación de la instalación	✓	✓	✓	✓			
		-Sensibilidad del ambiente receptor	✓	✓		✓		✓	✓
		-Proximidad a zonas residenciales	✓	✓		✓		✓	
		-Extensión de influencia			✓			✓	
		-Patrimonio y capital productivo			✓			✓	
Peligrosidad		-Peligrosidad intrínseca de la sustancia			✓				
		-Materias primas utilizadas							
Percepción de Riesgo		-Conflictos sociales sin resolver						✓	
		-Contribución económica a la zona							
		-Quejas de parte de la población							✓
		-Historial de Fiscalización						✓	
		-Historial de Cumplimiento	✓	✓		✓		✓	
		-Existencia de Sistemas de Gestión Ambiental	✓	✓		✓			
General		-Rendimiento Operacional	✓	✓		✓			
		-Situación de rotación laboral o condiciones laborales							
		-Contribución Económica a la zona						✓	
		-Características del Proyecto							
		-Impactos Ambientales							✓
		-Existencia de programas de monitoreo y auto-reporte				✓			

Fuente: Elaboración Propia

NOTAS: Para los casos de Holanda, Australia y EE.UU. no se cuenta con información detallada

Se destacan en gris aquellas variables más utilizadas

Un análisis sobre el estado de información en la realidad nacional, permitirá definir si las variables consideradas en casos internacionales, podrán ser utilizadas para un modelo de priorización de riesgo para Chile de forma directa, o de lo contrario, si será necesaria la utilización de *proxies* u otras variables para representar los procesos del Análisis de Riesgo.

A continuación se analiza la información existente con respecto a cada una de las variables listadas anteriormente:

- **Complejidad de la instalación:** a nivel de instalación en la actualidad no existe información en un formato acorde que permita caracterizar la complejidad de las instalaciones. Al igual que en otros países, se podría generar una metodología que caracterice los distintos sectores económicos o tipos de actividades según complejidad. Una manera, podría ser la utilización de la información existente sobre inversión, y luego, desagregar por tipo de industria y año de la instalación. De esta manera, se podría suponer, que a mayor inversión, mayor complejidad para un año específico y un tipo de industria.
- **Emisiones (aire, agua, suelo, residuos):** en la actualidad existe información sobre emisiones reales, las cuales se encuentran contenidas en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) del Ministerio del Medio Ambiente, además de la cantidad de emisiones permitidas de acuerdo a las RCAs. Esta información no está disponible completamente, y en los casos en que está, la estructura de la información no permite un manejo adecuado de dichos datos. En el presente, sería posible transferir emisiones tipo, según tipología de industria de algún país que tenga información completa (por ejemplo EE.UU.), no obstante, con ello se corre el riesgo de intentar caracterizar emisiones chilenas con una realidad completamente diferente. En el mediano y largo plazo, se debiesen tener bases de datos que tuviesen esta información estandarizada en estructura para su utilización por parte de la Superintendencia.
- **Población expuesta:** en Chile existe información respecto a la densidad poblacional desagregada por grupo etario a nivel de manzana censal (CENSO 2002) y desagregada por nivel socioeconómico a nivel comunal (Encuesta CASEN 2009). No obstante, no hay claridad sobre el área de influencia de los proyectos, y para la mayoría de los casos, solamente existe la coordenada de un punto. Inicialmente, se podría determinar un área de influencia teórica, utilizando un radio predefinido para todos los proyectos, situación que idealmente debería cambiar al tener definido un polígono para cada una de las actividades.
- **Ubicación de la instalación:** existe información sobre la ubicación geográfica de todos los proyectos o instalaciones con RCA, aunque para la mayoría de los casos, esta información sólo consiste en la coordenada geográfica de un punto.
- **Sensibilidad del ambiente receptor:** existe información espacializada que permite definir la sensibilidad del sector, entre ellas: sensibilidad ecológica (áreas naturales protegidas, bosque nativo, cuerpos de agua, etc.); sensibilidad humana (densidad poblacional) y sensibilidad del patrimonio cultural (monumentos nacionales, tierras indígenas, etc.).

- **Proximidad a zonas residenciales:** se tiene información espacializada a nivel comunal sobre centros poblados, además de la localización de los proyectos.
- **Historial de cumplimiento (incumplimiento):** se tiene para cada RCA información del historial de seguimiento y fiscalización, que consiste en tipo de visita (visita inspectiva, monitoreo, auditoría, Otros), además de información de multas (fecha y monto).

3. Modelo de Priorización de Fiscalización Ambiental

Para la creación de un Modelo de Priorización de Fiscalización Ambiental se utilizaría, en una situación ideal, un modelo de análisis de riesgo cuantitativo completo, pero esto no es posible por limitación de recursos y tiempo.

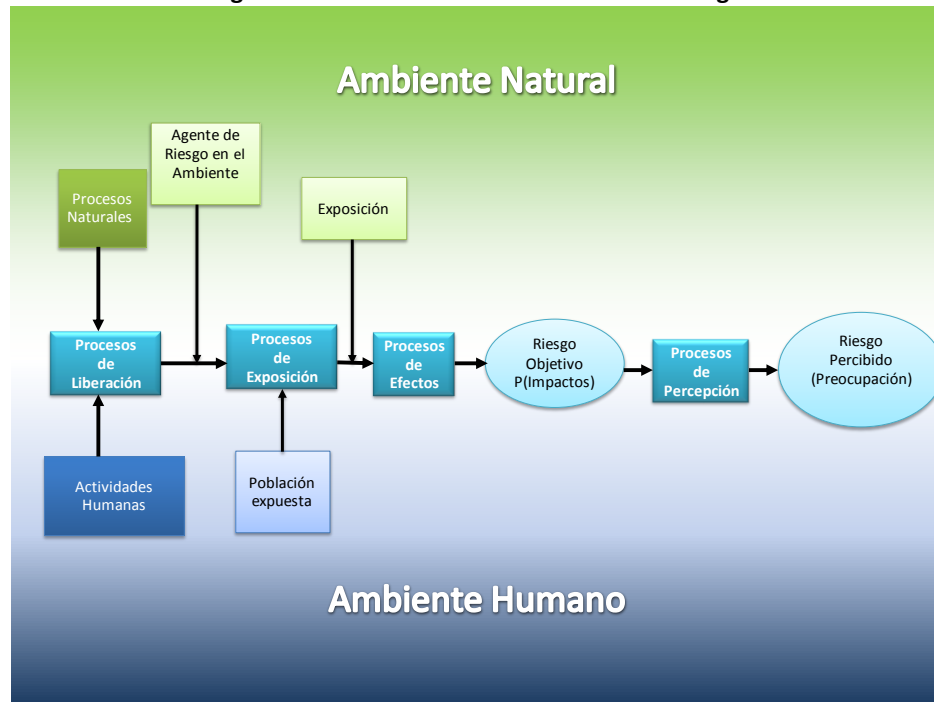
A continuación, se presenta el modelo cuantitativo de análisis de riesgo, para, a partir de él, construir un modelo aproximado que permita realizar la tarea de priorización considerando, información secundaria y/o información primaria disponible en un tiempo adecuado para los procesos de fiscalización de la SMA, y tomando en cuenta el análisis realizado de la revisión de experiencias internacionales.

3.1 Modelo Cuantitativo de Riesgo Ambiental

De acuerdo a US EPA (2011) el riesgo se refiere a “la posibilidad de efectos perjudiciales para la salud humana o para los sistemas ecológicos por la exposición a un factor de estrés ambiental”. En este contexto, US EPA utiliza el Análisis de Riesgo para “caracterizar la naturaleza y magnitud del riesgo de la salud a las personas y receptores ecológicos debido a contaminantes químicos y otros estresores, que pueden estar presentes en el ambiente”.

En la Figura 3-1 se muestra un modelo general de análisis de riesgo, en el que se muestra cómo los procesos naturales y actividades humanas contribuyen a la liberación de sustancias al medio ambiente. Los procesos de exposición y de efectos involucran objetos (árboles, casas, etc.) o personas y eventos naturales (clima). La manera en que estos cambios son percibidos depende de un conjunto de procesos de percepción. Además, estos procesos pueden ejercer influencia sobre el ambiente natural y el ser humano de maneras que no se aprecian esquemáticamente.

Figura 3-1 Modelo General de Análisis de Riesgo



Fuente: (Morgan 1990) modificado por Cifuentes

Sin embargo, la determinación del riesgo ambiental asociado a cada proyecto o actividad es una tarea extremadamente compleja, debido a que el riesgo ambiental depende de varios factores, tales como:

- Las características del proyecto (tipo y cantidad de emisiones, tipo de proyecto, etc.)
- Medio en el cual se encuentra el proyecto (localización geográfica y componentes ambientales potencialmente afectados)
- Agentes de riesgo liberados al medio ambiente
- Rutas de exposición existentes
- Población expuesta (humana o ecológica)
- Características de la población expuesta (edad, sexo, raza, estado ecológico, etc.)
- Valoración del riesgo

El riesgo (objetivo) asociado a la liberación de un agente de riesgo primario P de parte del proyecto o actividad A que afecta un receptor R, a través de un agente de riesgo secundario S, está dado por:

$$R_{S,A}^{P,R} = A \left[\frac{a}{\text{día}} \right] \cdot FE_A^P \left[\frac{g}{a} \right] \cdot FEC_S^P \left[\frac{\text{ppm}}{g/\text{día}} \right] \cdot Exp_S^R \left[\frac{\text{exp}}{\text{ppm}} \right] \cdot RU_S^R \left[\frac{R}{\text{exp}} \right]$$

Donde,

- **A**: corresponde a la actividad A. Expresado en unidades productivas (toneladas de cobre, MWh eléctricos, kg de un cultivo, etc.)
- **FE_A^P**: corresponde al factor de emisión del agente de riesgo primario P por parte de la actividad A. Expresado como gramos por unidad de actividad.
- **FEC_S^P**: corresponde al factor de emisión-concentración que permite traducir la emisión de un agente de riesgo primario P en concentración ambiental de un agente de riesgo secundario S. Expresado en unidades de concentración por masa (ej. ppm/g-día).
- **Exp_S^R**: corresponde a la exposición del receptor R al agente de riesgo secundario S. Expresado en unidades de exposición por concentración. Este valor depende de la ruta de exposición y la ubicación y densidad del receptor.
- **RU_S^R**: corresponde al riesgo unitario del agente de riesgo secundario S en el receptor R. Este está asociado a la toxicidad del agente de riesgo secundario S sobre el receptor R. Expresado en unidades de riesgo por unidad de exposición.

La complejidad de realizar un completo análisis de riesgo para cada actividad o proyecto con RCA radica en la gran cantidad de dimensiones involucradas. Para cada actividad o proyecto sería necesario realizar un análisis considerando todos los agentes de riesgos primarios, secundarios, las vías de exposición y los receptores involucrados. Este proceso puede ser muy intensivo en recursos.

La escasez de tiempo y recursos previene que los individuos y las sociedades hagan todo lo que podrían hacer para reducir los riesgos en salud, seguridad y el medio ambiente. Una manera de hacer frente a esta situación, es priorizar los riesgos de acuerdo a algún criterio y enfocar esfuerzos en aquellas opciones que representan un mayor riesgo (Long and Fischhoff 2000).

3.2 Modelo de Riesgo Relativo para la Priorización

Una manera de simplificar el análisis es realizar una categorización de riesgos en base a procesos de riesgo causalmente vinculados. En la Figura 3-2 se muestra un ejemplo de categorización de riesgos para contaminación atmosférica. El proceso comienza con actividades humanas que dan lugar a la liberación de agentes de riesgo o la iniciación de accidentes. Estos, a su vez, llevan a los procesos de exposición y efectos, que finalmente son percibidos y valorados por la gente.

Figura 3-2 Categorización de riesgo ambiental en contaminación atmosférica

Proceso de riesgo:



Posibles estrategias de categorización:

Fuente contaminante	Emisiones de cada agente de riesgo	Ruta de exposición	Receptor en salud o ecológico	Atributos normativos de los afectados
---------------------	------------------------------------	--------------------	-------------------------------	---------------------------------------

Ejemplo para contaminación atmosférica:

•Plantas termoeléctricas •Fábricas de acero •etc.	•SOx •Nox •PM •etc.	•Aire al exterior •Aire al interior •etc.	•Enfermedades pulmonares •Rendimiento agrícola •etc.	•Edad, Sexo, Raza, Ingreso, etc.; •Estado ecológico, etc.
---	--	---	--	--

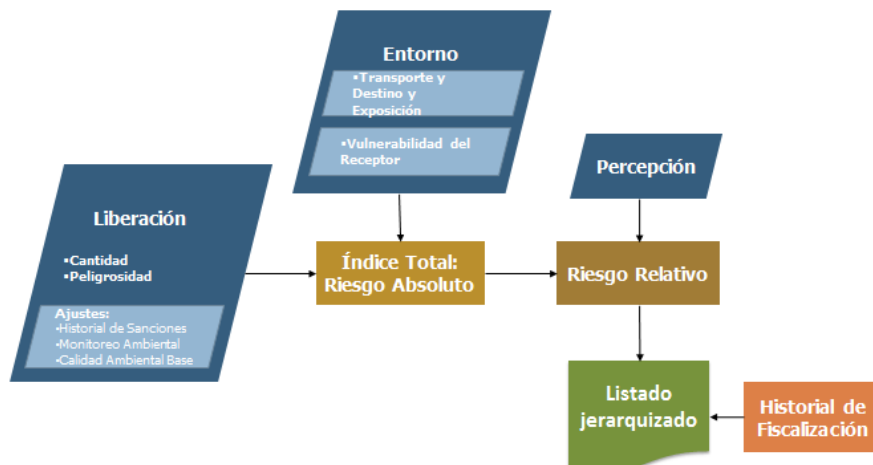
Fuente:(Webler, Rakel et al. 1995)

Cada una de estas categorías puede ser descrita ya sea con información detallada o aproximada, y mediante la utilización de un algoritmo que permita construir un indicador que permita priorizar un listado de actividades a fiscalizar.

3.2.1 Descripción del Modelo

A continuación se presenta el modelo propuesto para la estimación de riesgo relativo para la priorización de fiscalización ambiental en Chile. Dicho modelo fue construido tomando en cuenta la revisión y análisis de experiencias internacionales, además del análisis de información disponible en Chile.

Figura 3-3 Modelo de Riesgo Relativo Ambiental



Fuente: Elaboración Propia

Para la Elaboración de este Modelo se consideran 3 índices principales (Índice de liberaciones, Índice de Características del Entorno e Índice de Percepción del Riesgo, dibujados como rombos en azul oscuro, Figura 3-3), además de una variable de “historial de fiscalización” que busca reordenar el listado de prioridades en caso que algún proyecto no cumpla con la frecuencia mínima de inspección establecida.

El Índice de Liberaciones caracteriza las emisiones del proyecto o actividad, tanto en cantidad como en peligrosidad, y no tiene relación alguna con el medio en donde está inserto. Por ejemplo, una planta térmica que utilice carbón como combustible tendrá el mismo comportamiento en cualquier zona de Chile, lo que no implica que el riesgo que produce dicha instalación para el ser humano, los ecosistemas o el patrimonio cultural sea el mismo.

Cabe destacar que este índice sufre modificaciones en función de dos componentes. Primero, el historial de cumplimiento, el cual aumenta el valor de este índice si en los tres anteriores a la priorización dicho proyecto o actividad registra algún tipo de incumplimiento. El segundo ponderador de ajuste corresponde al de Monitoreo de Calidad Ambientales, el cual aumenta el índice de liberación en función de que si un proyecto (o actividad) se encuentra emplazado en un área en donde se ha identificado que se ha sobrepasado una Norma de Calidad Ambiental, como sucede con las zonas declaradas latentes o saturadas.

El Índice de Características del Entorno está compuesto por los sub-índices de transporte y destino y exposición, y de vulnerabilidad del receptor. Estos caracterizan el entorno en donde está inserta dicha actividad o proyecto.

Finalmente, para la estimación del riesgo relativo, es necesario considerar la percepción que tienen las personas con respecto a los efectos producidos por las actividades o proyectos en cuestión, pudiendo subir o bajar su posición en el ranking final en función de esto.

4. Cálculo de los Índices del modelo

Para la estimación del riesgo relativo de cada proyecto es necesario primero calcular una serie de índices, los cuales caracterizan tanto al proyecto como al entorno, en este sentido se proponen tres índices primarios:

- Liberación
- Características del Entorno
- Percepción del Riesgo.

El primero caracteriza a los proyectos/actividades, considerando tanto la cantidad de las emisiones como la peligrosidad de estas. Se realiza un ajuste al valor de este índice considerando el historial de incumplimiento además de indicadores de monitoreo ambiental.

Por otro lado, el Índice de Características del Entorno, está enfocado en distintas características del medio en el que se insertan los proyectos. Principalmente, muestra el nivel de exposición y vulnerabilidad de los distintos componentes y elementos medio ambientales a los peligros potenciales de los proyectos y actividades.

El último de los índices corresponde a un factor de ajuste, el cual considera la percepción poblacional sobre la peligrosidad asociada a determinada actividad, para finalmente determinar el riesgo relativo de un proyecto o actividad.

Cabe destacar, que todos estos índices pueden ser estimados de distintas maneras dependiendo del nivel de la información disponible, ya que como el presente algoritmo se basa en experiencias internacionales y modelos estandarizados de evaluación de riesgo, muchas veces la información disponible en los distintos organismos del país es insuficiente para poder realizar el cálculo de forma adecuada. Por esta razón para todos los índices se proponen distintos niveles de información disponible, de manera de poder estimar cada uno de los índices ya sea con el mayor detalle o con valores promedio o aproximados.

En este sentido, el presente modelo está diseñado para ser efectivo en cualquiera de los niveles propuestos, los cuales van a ir variando a medida que las instituciones pertinentes tengan información en mayor cantidad y mejor nivel de detalle, según los requisitos que se especificarán más adelante. De esta forma, el modelo está diseñado para tener información suficiente para hacer el cálculo del riesgo relativo.

A continuación se detallan cada uno de los índices y la metodología propuesta para su estimación.

4.1 Índice de Liberación

El índice de liberación corresponde a uno de los índices que caracterizan a las actividades o proyectos. Este índice se estimará en base a dos variables, además de dos ajustes realizados, para llegar al valor final. Las variables son: 1) la cantidad absoluta de liberaciones, y 2) nivel de Peligrosidad de los elementos liberados. Por otro lado se realizan los siguientes ajustes: 1) Incumplimiento detectado en anteriores fiscalizaciones, 2) calidad ambiental base del entorno en donde se inserta el proyecto y 3) posible incumplimiento detectado a través de indicadores de monitoreo ambiental.

4.1.1 Cantidad de Liberaciones

Para la estimación de la cantidad de las liberaciones es necesario definir primero la magnitud de la mejor manera posible. La cantidad de liberaciones a utilizar para estimar el índice se puede obtener utilizando información robusta (real) o aproximaciones mediante la asignación de valores promedio según la experiencia nacional o internacional.

4.1.2 Peligrosidad

La peligrosidad de los agentes de riesgo es revelada a partir de los umbrales de tolerancia con respecto a las emisiones o descargas. El valor de estos umbrales son indicadores de peligrosidad relativa entre un agente de riesgo y otro. Por ejemplo, el contaminante atmosférico más inocuo, basado en el estudio de la EPA irlandesa, es el CO₂ (dióxido de carbono) y su umbral de liberación es de 100 millones de kilogramos por año. Por otro lado, las Dioxinas y Furanos son unas de las sustancias más peligrosas, y el umbral de emisión es sólo de 0,001 kg/año. Con respecto a la contaminación a las aguas, los agentes menos tóxicos son los cloruros, y los más peligrosos el mercurio, las Dioxinas y Furanos, entre otros. Lo mismo sucede para el caso de residuos, en que los umbrales de residuos no-peligrosos son más laxos que aquellos umbrales definidos para residuos peligrosos.

4.1.3 Estimación del Índice

La metodología utilizada para la estimación del índice de liberación corresponde a una modificación de aquella utilizada en el caso de Irlanda. Ésta considera la emisión de contaminantes o descargas para los siguientes medios: aire, agua, alcantarillado y residuos.

Considerando la información existente en el país y las experiencias internacionales, se proponen los siguientes niveles de información para la estimación de agentes liberados:

Tabla 4-1 Estimación cantidad de liberación

NIVEL	Atributo	Definición	Fuentes de Datos
1	Liberaciones reales	E_R (parámetro, fuente)	• RETC
2	Liberaciones permitidas	E_P (parámetro, fuente) ó E_P (parámetro, sector)	• RCA, PPDAs • Normas de emisión
3	Liberaciones promedio por tipo de industria ajustada por inversión	E (parámetro, CIU)	• RETC • SEIA

Fuente: Elaboración Propia

Como se desprende de la tabla, el nivel de información más fidedigna será el de las liberaciones reales en fuente (nivel 1), por lo que se debería usar idealmente si se contara con dicha información. El siguiente nivel de confianza en la información lo dan las liberaciones permitidas por las RCA, PPDAs o Normas de Emisión (nivel 2), y entre ellas se asume el cumplimiento más restrictivo. Finalmente, de no contar con la información anterior, se utilizará la información de liberaciones del RETC a nivel agregado por código de Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIU), valor que se asignará y ajustará a cada RCA según su CIU y monto de inversión respectivamente. Este último corresponde al nivel 3 de información.

A modo de ejemplo, como se puede apreciar en la Tabla 4-2, la última columna muestra la liberación final que se utilizará para la estimación del índice, y que fue completada con la mejor información disponible para cada contaminante (valores destacados en negritas y celdas sombreadas). Es posible apreciar que para algunos proyectos se considerará el nivel 1, para otros el nivel 2 y finalmente si para algún proyecto o actividad no se cuenta con información de liberaciones, se considerará el nivel 3.

Tabla 4-2 Ejemplo Estimación Liberaciones

ID SEA	Sector Económico	Contaminante	Liberación Real kg/año	Liberación Permitida por fuente kg/año	Liberación Permitida por Sector kg/año	Liberación Promedio por Sector kg/año	Liberación Final kg/año
Nivel de Información			1	2	2	3	
1	Minería	MP2,5	10.000	15.000	-	20.000	10.000
1	Minería	NOX	-	20.000	-	30.000	-
1	Minería	SOX	40.000	-	30.000	20.000	40.000
1	Minería	CO	-	-	-	10.000	-
2	Minería	MP2,5	-	15.000	-	20.000	15.000
2	Minería	NOX	-	20.000	-	30.000	20.000
2	Minería	SOX	-	-	30.000	20.000	30.000
2	Minería	CO	-	-	-	10.000	-
3	Energía	MP2,5	-	-	-	35.000	35.000
3	Energía	NOX	-	-	-	30.000	30.000
3	Energía	SOX	-	-	-	20.000	20.000
3	Energía	CO	-	-	-	15.000	15.000

Fuente: Elaboración Propia

Luego de tener la magnitud de liberación final para cada agente de riesgo en cada medio, se procede a asignar un puntaje en base a los umbrales aceptados según el Registro Europeo de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (E-PRTR, por sus siglas en inglés “*European Pollutant Release and Transfer Register*”).

Estos umbrales de liberación indican niveles de tolerancia o aceptación por parte de la sociedad, y su valor relativo es un reflejo de la peligrosidad o toxicidad de estos agentes de riesgo. Así, las distintas escalas utilizadas para cada uno de los contaminantes da cuenta de la peligrosidad o el nivel de aceptación para un determinado contaminante en distintos medios; aire, agua, alcantarillado y residuos. Los umbrales recomendados para cada medio se presentan en las Tabla 4-3, Tabla 4-4 y Tabla 4-5. Este criterio de asignación de puntajes para liberación sintetiza la liberación de distintos agentes de riesgo con el nivel de peligrosidad relativa entre los distintos agentes liberados.

Tabla 4-3 Umbral de Emisiones al Aire (kg/año)

Contaminante	Expresión	Umbral
Dióxido de Carbono	CO2	100.000.000
Monóxido de Carbono	CO	500.000
Óxidos de Azufre	SOX	150.000
Metano	CH4	100.000
Óxidos de Nitrógeno	NOX	100.000
Compuestos Orgánicos Volátiles No-metánicos	COVNM	100.000

Contaminante	Expresión	Umbral
Material Particulado Respirable	MP10	50.000
Material Particulado Fino	MP2,5	20.000
Amoníaco	NH3	10.000
Compuestos Inorgánicos Clorados	HCl	10.000
Óxido Nitroso	N2O	10.000
Compuestos Inorgánicos Fluorados	HF	5.000
Tetracloroetileno	PCE	2.000
Tricloroetileno	TRI	2.000
Diclorometano	DCM	1.000
Benceno	C6H6	1.000
Dicloroetano-1,2	DCE	1.000
Cloruro de Vinilo	C2H3Cl	1.000
Óxido de Etileno	C2H4O	1.000
Triclorometano	TRICM	500
Zinc	Zn	200
Cianuro de Hidrógeno	HCN	200
Plomo	Pb	200
Cromo	Cr	100
Cobre	Cu	100
Hidrofluorocarburos	HFC	100
Perfluorocarbonos	PFC	100
Tetraclorometano	TCM	100
Tricloroetano-1,1,1	TCE	100
Naftaleno	C10H8	100
Niquel	Ni	50
Hidrocarburo Aromatico Policiclico	HAP	50
Hexafluoruro de Azufre	SF6	50
Tetracloroetano-1,1,2,2	C2H2Cl4	50
Antraceno	C14H10	50
Arsénico	As	20
Mercurio	Hg	10
Hexaclorobenceno	HCB	10
Hexaclorociclohexano	HCH	10
Pentaclorofenol	PCP	10
Cadmio	Cd	10
Triclorobencenos	TCB	10

Contaminante	Expresión	Umbral
Di-(2-etilhexil) ftalato	DEHP	10
Hidroclorofluorocarburos	CFC	1
Clorofluorocarburos	HCFC	1
Hidrocarburos Halogenados	HHAL	1
Aldrin	ALD	1
Clordano	CLORDA	1
Clordecona	CLORDE	1
Asbesto	ASB	1
Dicloro Difenil Tricloroetano	DDT	1
Dieldrin	DIELD	1
Endrin	ENDR	1
Heptacloro	HEPCL	1
Lindano	LIND	1
Mirex	MRX	1
Pentaclorobenceno	PCB	1
Toxafeno	TXF	1
Bifenilos Policlorados	BPC	0,1
Hexabromobifenilo	PBB	0,1
Dioxinas y Furanos	PCDD+PCDF	0,001

Fuente: (EU-PARLIAMENT and EU-COUNCIL 2006)

Se agregó a la tabla anterior el umbral aceptable en el caso del Material Particulado fino (MP_{2,5}). Para determinar un nivel de aceptabilidad de dicho contaminante, se utilizaron las normas primarias de calidad ambiental nacionales para MP₁₀ y MP_{2,5} bajo el supuesto que la proporción de la concentración de ambos contaminantes en el ambiente es equivalente a la proporción de la emisión de los mismos. En Chile se definen los umbrales de concentración mediante las normas primarias de calidad ambiental, MP₁₀ (50 ug/m³ como promedio anual) y MP_{2,5} (20 ug/m³ como promedio tri-anual). El umbral de emisiones para MP₁₀ está definido en el caso europeo para en 50.000 kg/año. De esta manera, el equipo consultor encuentra razonable definir el umbral para la emisión de material particulado fino en 20.000 kg/año.

Tabla 4-4 Umbral de Descarga al Agua o Alcantarillado (kg/año)

Contaminante	Expresión	Umbral
Cloruros	Cl	2,000,000
DBO	DBO	150,000
Nitrógeno	N	50,000
Carbono Orgánico Total	COT	50.000
Sólidos Suspendidos	SS	20.000

Contaminante	Expresión	Umbral
Fósforo	P	5.000
Amoníaco	NH3	3.000
Fluoruros	F	2.000
Compuestos orgánicos halogenados	AOX	1.000
Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos	BTEX	200
Zinc	Zn	100
Cromo	Cr	50
Cobre	Cu	50
Cianuros	Cn	50
Compuestos del Organotin	Sn	50
Níquel	Ni	20
Fenoles	Fenoles	20
Plomo	Pb	20
Diclorometano	DCM	10
Dicloroetano-1,2	DCE	10
Tetraclorometano	TCM	10
Triclorometano	TRICM	10
Tricloroetileno	TRI	10
Cloruro de Vinilo	C2H3Cl	10
Óxido de Etileno	C2H4O	10
Naftaleno	C10H8	10
Hidrocarburo Aromatico Policiclico	HAP	5
Arsénico	As	5
Cadmio	Cd	5
Bromodifenileteres	PBDE	1
Cloroalcanos	C10-13	1
Hexaclorobenceno	HCB	1
Hexaclorobutadieno	HCBD	1
Hexaclorociclohexano	HCH	1
Mercurio	Hg	1
Alclor	ALCl	1
Aldrin	ALD	1
Atrazina	Atr	1
Clordano	CLORDA	1
Clordecona	CLORDE	1
Clorfenvinfos	CLORFV	1

Contaminante	Expresión	Umbral
Clorpirifos	CPF	1
Dicloro Difenil Tricloroetano	DDT	1
Dieldrin	DIELD	1
Diuron	DIUR	1
Endosulfan	ENDS	1
Endrin	ENDR	1
Heptacloro	HEPCL	1
Lindano	LIND	1
Mirex	MRX	1
Pentaclorobenceno	PCB	1
Pentaclorofenol	PCP	1
Simazina	SMZ	1
Tetracloroetileno	PCE	1
Triclorobencenos	TCB	1
Toxafeno	TXF	1
Antraceno	C14H10	1
Nonilfenol y Nonilfenol Etoxilatos	NP/NPEs	1
Isoproturon	ISOP	1
Di-(2-etilhexil) ftalato	DEHP	1
Tributilestaño y compuestos	TBSn	1
Trifenilestaño y compuestos	TFSn	1
Trifluralina	TRIF	1
Asbesto	ASB	1
Octilfenoles y octilfenol etoxilatos	OCTF/OCTFE	1
Fluoranteno	C16H10	1
Isodrin	C12H8Cl6	1
Benzo (g, h, i) perileno	BGHIP	1
Bifenilos Policlorados	BPC	0,1
Hexabromobifenilo	PBB	0,1
Dioxinas y Furanos	PCDD+PCDF	0,0001

Fuente: (EU-PARLIAMENT and EU-COUNCIL 2006)

De no aparecer algún agente de riesgo en las listas, éstas se pueden ir completando a futuro a partir de las restricciones que aparezcan en las RCAs u otras normas por proyecto o tipo de fuentes. De esta manera, se pueden estimar los puntajes que componen el índice de liberación en base a la liberación relativa a los umbrales permitidos para cada contaminante en cada medio. A futuro, se propone actualizar estos umbrales para el caso chileno, manteniendo las

mismas unidades (ya sea masa o concentración) que aquellas exigidas por ley para la declaración de emisiones.

Tabla 4-5 Umbrales según cantidad y tipo de residuos (ton/año)

Tipo de Residuo	Expresión	Umbral
Residuos No-peligrosos desechados en el sitio	DNPES	2.000
Residuos No-peligrosos desechados fuera del sitio	DNPFS	2.000
Residuos peligrosos desechados en el sitio	DPES	500
Residuos peligrosos desechados fuera del sitio	DPFS	500

Fuente: Modificado de (EPA-OEE 2010)

El criterio utilizado para asignar un puntaje a cada agente de riesgo liberado en cada medio se resume a continuación:

$$Pje_lib_{c,m}^i = \frac{Lib_{c,m}^i}{Umb_{c,m}}$$

Donde,

- $Lib_{c,m}^i$: corresponde a la liberación del agente de riesgo c en el medio m para el proyecto o actividad i.
- $Umb_{c,m}^i$: corresponde al umbral de liberación del agente de riesgo c en el medio m.

De esta manera, cada vez que un proyecto o actividad tenga liberación de algún agente de riesgo, su puntaje se estimará normalizando la magnitud de dicha liberación con un valor de umbral aceptado socialmente.

Luego de asignar un puntaje a cada agente de riesgo liberado en cada medio (aire, agua, alcantarillado y residuos) se procede a estimar un puntaje agregado por cada medio:

$$Pje_lib_m^i = \sum_c Pje_lib_{c,m}^i$$

Donde,

- $Pje_lib_{c,m}^i$: corresponde al puntaje de liberación del contaminante c en el medio m para el proyecto o actividad i.
- $Pje_lib_m^i$: corresponde al puntaje de liberación para el medio m para el proyecto o actividad i.

En resumen, para la estimación del puntaje del índice de liberación, existirán 3 niveles, que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4-6 Niveles información – Índice de Liberación

NIVEL	Liberaciones	Peligrosidad	Fuentes de Datos
1	Reales	Intrínseco a los puntajes asignados a la emisión o descargas de contaminantes en aire, agua, alcantarillado y residuos.	• Liberaciones: RETC • Umbrales: E-PRTR
2	Permitidas		• Liberaciones: RCA, PPDAs, Normas de emisión • Umbrales: E-PRTR
3	Promedio ajustado por inversión		• Liberaciones: RETC (valores promedio por CIU) • Umbrales: E-PRTR • Inversión: SEIA

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Ajuste según Historial de Incumplimiento

Al igual que en la metodología de Irlanda, se realiza un ajuste a este índice de acuerdo al historial de incumplimiento para un periodo de tiempo determinado.

La definición del periodo de tiempo considerado para este ajuste responde a los artículos 37 y 44 de Ley Orgánica de la SMA, los cuales establecen:

“Artículo 37.- Las infracciones previstas en esta ley prescribirán a los tres años de cometidas, plazo que se interrumpirá con la notificación de la formulación de cargos por los hechos constitutivos de las mismas.

Artículo 44.- Las sanciones administrativas aplicadas de conformidad a esta ley, prescribirán a los tres años desde la fecha en que la respectiva resolución sancionatoria haya quedado a firme. Esta prescripción se interrumpirá por la notificación del respectivo procedimiento de ejecución o de la formulación de cargos por incumplimiento, según la naturaleza de la sanción aplicada.”

Según esto, se propone que el periodo de tiempo utilizado para analizar el incumplimiento de los proyectos/actividades sea de tres años. Finalmente, el cálculo del presente ajuste responde a la siguiente pregunta:

¿Durante los últimos tres años, se detectó algún incumplimiento debido a emisiones o descargas en el proyecto o actividad?

Se proponen 3 niveles para la estimación de dicho ajuste:

Tabla 4-7 Niveles información – Ajuste Historial de Incumplimiento

NIVEL	Descripción	Fuentes de Datos
1	Historial de cumplimiento. Criterio por definir por parte de la SMA.	Historial de cumplimiento
2	De acuerdo al % de "no conformidades" asociadas al proceso de fiscalización.	Historial de Fiscalización
3	Historial de Sanciones como proxy al incumplimiento de las liberaciones. O en su defecto, un mayor riesgo de incumplimiento.	Historial de Sanciones.

Fuente: Elaboración Propia

Los niveles 1 y 2 deben ser definidos a futuro por la SMA. Por otro lado, para el nivel 3 se propone el siguiente ajuste considerando tanto el monto de la sanción durante los tres años anteriores al período de fiscalización, cómo la existencia de una Amonestación en dicho período.

Siguiendo una metodología de priorización utilizada anteriormente por la SMA, se estimará este ponderador en base al monto de la sanción de los tres años anteriores en base a lo propuesto en la siguiente tabla:

Tabla 4-8 Tabla Ponderador Ajuste por Incumplimiento detectado en Fiscalización

Sanción	Ajuste
Nada	1
Amonestación	1,1
Menor sanción del universo de RCAs	1,1
Menor sanción del universo de RCAs	1,3

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera el criterio de asignación del ajuste será el siguiente:

- Si no existe ni amonestación ni sanción: 1 (neutro)
- Si existe amonestación pero no sanción: 1,1
- Si existe sanción: Se estima su ajuste normalizando los montos de sanción entre 1,1 (para el menor valor de sanción diferente de 0) y 1,3 (para el mayor valor de sanción).

Si bien el hecho que exista una sanción no necesariamente implica que exista un incumplimiento, si es razonable pensar que dicho proyecto o actividad tiene un mayor riesgo de incumplimiento en términos de liberaciones debido a fallas que se puedan generar a nivel

operacional o administrativas. A futuro, se debiese considerar este ajuste con un indicador que permita reflejar de mejor manera el incumplimiento detectado.

4.1.5 Ajuste de Calidad Ambiental Base

Este ponderador aumenta el valor del índice de liberación en función de la calidad ambiental base del entorno en que está emplazado el proyecto, en donde la calidad ambiental nos indica en que zonas hay que prestar una mayor atención.

4.1.5.1 Estimación

La estimación del presente factor de ajuste depende de la ubicación espacial de cada proyecto dentro de alguna de las zonas indicadas en el punto anterior, según esto, se determinará el puntaje correspondiente a cada proyecto según la zona en la cual se encuentre inserto.

En cuanto a los requerimientos de información de este ajuste (Tabla 4-9), estos provienen de la espacialización de cada proyecto, ya que en caso de no estar correctamente espacializados, no se puede identificar en cual(es) zona(s) se encuentran insertos, ya estas están georreferenciadas espacialmente.

Tabla 4-9 Niveles información – Ajuste de Calidad Ambiental Base.

NIVEL	Descripción	Fuentes de Datos
1	Corresponde a las Zonas que cuentan con Decretos asociados a calidad ambiental, como las zonas declaradas latentes, saturadas o con PPDA.	-Zonas con Decretos de Calidad Ambiental
2	Asigna a un proyecto la información de calidad ambiental de la(s) comuna(s) en donde éste se encuentre.	-Información disponible para la(s) comuna(s), en cualquiera de los es niveles superiores.

Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que esta información es proclive a estar desactualizada, ya que en algunos casos proviene de decretos con más de 5 años de vigencia, por lo cual es necesario tener en cuenta una posible actualización.

Aquellas zonas identificadas en el país para este índice son aquellas que:

- Posean el respectivo decreto que declara una zona específica del territorio como saturada o latente

- Posean planes de descontaminación y prevención atmosférica en zonas urbanas o mineras

La asignación de puntajes, se realizará otorgando el puntaje correspondiente a cada zona (Tabla 4-10) en aquellos proyectos/actividades cuya área de influencia máxima interseque total o parcialmente alguna de las zonas.

Tabla 4-10 Tabla de asignación de puntajes/zonas.

Calidad Ambiental Base	Puntaje
Calidad Ambiental Buena	1
Zona Latente	1.1
Zona Saturada	1.3
Zona PPDA	1.5

Fuente: Elaboración Propia

La forma en que este factor de ajuste se integra a la calificación del Índice de Liberaciones, mediante el producto entre este factor y el índice. Según esto, el factor modifica los valores del Índice ampliándolo un máximo de 50% cuando el área de influencia máxima de un proyecto interseca un Plan de Descontaminación Ambiental, mientras que cuando no se produzca ningún tipo de intersección entre el área de influencia de un proyecto y una zona con decretos asociados a calidad ambiental, el Índice de Liberaciones no tendrá modificaciones.

4.1.6 Ajuste de Monitoreo Ambiental

Este modificador del Índice de Liberaciones corresponde a un ponderador de ajuste, que aumenta el valor del índice principal en función de las alertas de monitoreo ambiental que se detecten dentro del área de influencia de cada proyecto. Para su funcionamiento, este ajuste se concentra en analizar los niveles de contaminación presentes en el ambiente, lo cual, si bien no es un indicador directo del cumplimiento de emisiones de un determinado proyecto, puede serlo de forma indirecta en caso de que un proyecto este localizado dentro de una zona con problemas de calidad ambiental.

Por ejemplo, en el caso que un monitor ambiental detecte superación en las normas de calidad ambiental anuales, esto podría indicar que: uno o más proyectos cercanos a éste no están cumpliendo con las liberaciones permitidas (normas de emisión, RCA, etc.); que las condiciones meteorológicas no son favorables; que se realizó una evaluación deficiente; o que no consideraron todos los elementos necesarios. Por lo que, en cualquiera de estos casos se debe dar mayor prioridad de fiscalización, ya que para la SMA sería importante fiscalizar estos proyectos, debido a que en base a la significación de los efectos, la SMA podría requerir que se sometan nuevamente al SEIA.

4.1.6.1 Estimación

Como primera aproximación a este ponderador de ajuste, es necesario establecer los escenarios posibles, según el nivel de la información disponible para caracterizarlo. En este sentido, se identifican dos niveles, desde el ideal hasta el escenario más simple:

Tabla 4-11 Niveles información – Ajuste de Monitoreo Ambiental

NIVEL	Descripción	Fuentes de Datos
1	Este nivel contiene la información entregada por los monitores que tiene asociado cada proyecto según la RCA que le corresponda, además de las alertas declaradas por la SMA en su sistema “Testigo@ambiental”.	-Monitores según RCA -Testigo@ambiental
2	Es aquel que asigna a un proyecto la información de monitoreo ambiental de la(s) comuna(s) en donde éste se encuentre.	-Información disponible para la(s) comuna(s) para cualquier tipo de monitor.

Fuente: Elaboración Propia

La asignación de puntajes en este ponderador de ajuste obedece a la dinámica del escenario ideal, es decir, preferencia la información con un mayor nivel de detalle, partiendo en el Nivel 1, y llegando en caso de falta total de información al nivel 2. La metodología utilizada para el cálculo de este subíndice considera dos etapas: Etapa SIG y Etapa SQL.

En la Etapa SIG, se identifica si se encuentra algún monitor de calidad ambiental dentro del área de influencia máxima de cada proyecto, y en la Etapa SQL se identifica cuáles de los monitores que se encuentran asociados a un determinado proyecto, presentan alertas ambientales.

Una vez identificadas aquellas empresas que tengan dentro de su área de influencia (definida en el punto Tabla 4-14) al menos una Estación de Monitoreo que registre un incumplimiento en la norma ambiental permitida, para el periodo anterior al año de fiscalización, se le asignarán el puntaje asociado al tipo de monitor, que presenta una alerta.

Para el caso de la información proveniente del sistema Testigo@ambiental, se le asignará puntaje a aquellos proyectos que registren una alerta en este sistema, la cual será declarada (y definida) por parte de la SMA. Esta información como en el caso de las estaciones de monitoreo, se deberá actualizar cada año.

Los puntajes que se le asignarán a cada empresa están en función de la relevancia de la inmediatez de la información, y el grado de contaminación que ésta represente. De esta forma, la asignación de puntajes sería:

Tabla 4-12 Puntajes Ajuste de Monitoreo Ambiental

Criterio	Puntaje
Sin Problemas de Monitoreo Ambiental	1
Alerta de Testigo@ambiental	1.4
Incumplimiento en Estaciones de Monitoreo	1.5

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, este factor de ajuste se integra a la calificación del Índice de Liberaciones, tal como sucede con el factor de ajuste anterior, esto es mediante el producto de ambos (factor e índice). Según esto, este factor modifica los valores del Índice ampliándolo un máximo de 0,5 veces cuando un proyecto tiene dentro de su área máxima de influencia un Monitor de Calidad Ambiental que ha determinado una alerta. Además, en aquellos casos en donde no se registren ningún tipo de problemas de calidad ambiental, no habría modificaciones al Índice de Liberaciones.

Cabe destacar que el análisis anterior se realiza considerando el nivel de detalle de los medios afectados, y considerados para el índice de liberación: aire, agua, alcantarillado y residuos. Por lo que existirá un ponderador asociado a cada medio.

4.1.7 Resumen

Antes de estimar el índice de liberación se ajusta la calificación para cada medio estimada según la Calidad Ambiental Base, el Monitoreo Ambiental y el Historial de Incumplimiento:

$$Pje_lib_cons_m^i = Pje_lib_m^i \cdot Pond_{Inc}^i \cdot Pond_{CAB,m}^i \cdot Pond_{Mon,m}^i$$

Donde,

$Pje_lib_m^i$: puntaje de liberación en el medio m para el proyecto/actividad i

$Pond_{Inc}^i$: ponderador de incumplimiento para el proyecto/actividad i

$Pond_{CAB,m}^i$: ponderador de calidad ambiental base en el medio m para el proyecto/actividad i

$Pond_{Mon,m}^i$: ponderador de monitoreo ambiental en el medio m para el proyecto/actividad i

A continuación, se estima el Índice de Liberación como la ponderación entre los puntajes finales de liberación para cada uno de los medios:

$$Pje_lib_{Final}^i = \prod_m Pje_lib_cons_m^i$$

Donde,

$Pje_lib_cons_m^i$: puntaje de liberación consolidado para el medio m
para el proyecto/actividad i

$Pje_lib_{Final}^i$: Puntaje de Liberación Final para el proyecto/actividad i

Finalmente, el valor del Índice de liberación se estima normalizando los valores del puntaje de liberación para un mínimo de 1 y un máximo de 100.

4.2 Índice de Características del Entorno

El índice de características del entorno, tiene como finalidad la caracterización del entorno inmediato de cada proyecto, concentrándose en los receptores. Este índice estará construido a partir del subíndice de Transporte y Destino y Exposición, y el subíndice de Vulnerabilidad, los cuales en conjunto determinarán el valor del índice del Entorno.

4.2.1 Receptores

Los receptores son aquellos elementos del medio ambiente que pueden llegar a ser expuestos a un determinado peligro, cuya principal característica es que son bienes de protección ambiental, que justifican o merecen ser protegidos. Para efectos del presente estudio estos se clasifican en:

- **Receptor Humano:** este receptor considera en sí a toda la población presente en el país, caracterizada según grupo etario y nivel socioeconómico.
- **Receptor Ecosistémico:** corresponde a aquellos elementos del medio natural que debido a sus características únicas, o a algún acuerdo/decreto nacional o internacional, se justifique o merezcan ser protegidos. Algunos ejemplos son: Áreas Protegidas del SNASPE, Sitios RAMSAR, Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad.
- **Patrimonio Cultural:** corresponden a aquellos elementos del patrimonio cultural que caractericen total o parcialmente algún sector del patrimonio cultural nacional. Se pueden encontrar en este receptor: Sitios de Interés Turístico, Áreas de Desarrollo Indígena, y Monumentos Nacionales, entre otros.

4.2.2 Subíndice de Transporte y Destino y Exposición (TyDyE)

Este subíndice caracteriza el transporte y destino de los compuestos a través de distintos medios (aire, agua, suelo, etc.), así como los niveles de exposición que presentan los distintos componentes medioambientales que puedan potencialmente verse afectados por un proyecto.

Se considera como una de las etapas más complejas de la priorización, ya que depende de múltiples factores, entre los que se pueden destacar las condiciones ambientales de cada medio, la topografía del territorio, la meteorología, el emplazamiento de las instalaciones y la ubicación de todos los receptores de interés.

4.2.2.1 Estimación del subíndice

El subíndice de TyDyE se construirá en base a la caracterización del área de influencia de cada proyecto y la proximidad a los receptores de interés. De esta forma, y según la revisión de las

metodologías internacionales, el área de influencia para cada proyecto se dividirá en tres *buffers* concéntricos, los cuales corresponderán a tres niveles de exposición al peligro generado por los proyectos.

A cada uno de los anillos concéntricos se le asignará un puntaje, el cual será un *input* para el posterior cálculo del índice de características del entorno, una vez que se identifique la vulnerabilidad de los componentes medioambientales en el siguiente subíndice.

Para la caracterización de las áreas de influencia se considera el total de receptores, ya sean humanos, elementos naturales o patrimoniales, y su proximidad al proyecto o actividad. Lo ideal sería contar con una representación espacial (“espacialización”) de la extensión de cada proyecto o actividad, sin embargo se aceptarán tres criterios de estimación del subíndice, dependiendo del nivel real de información disponible, para los cuales se realizará el mismo proceso de cálculo, variando la calidad de la información de salida según cada nivel.

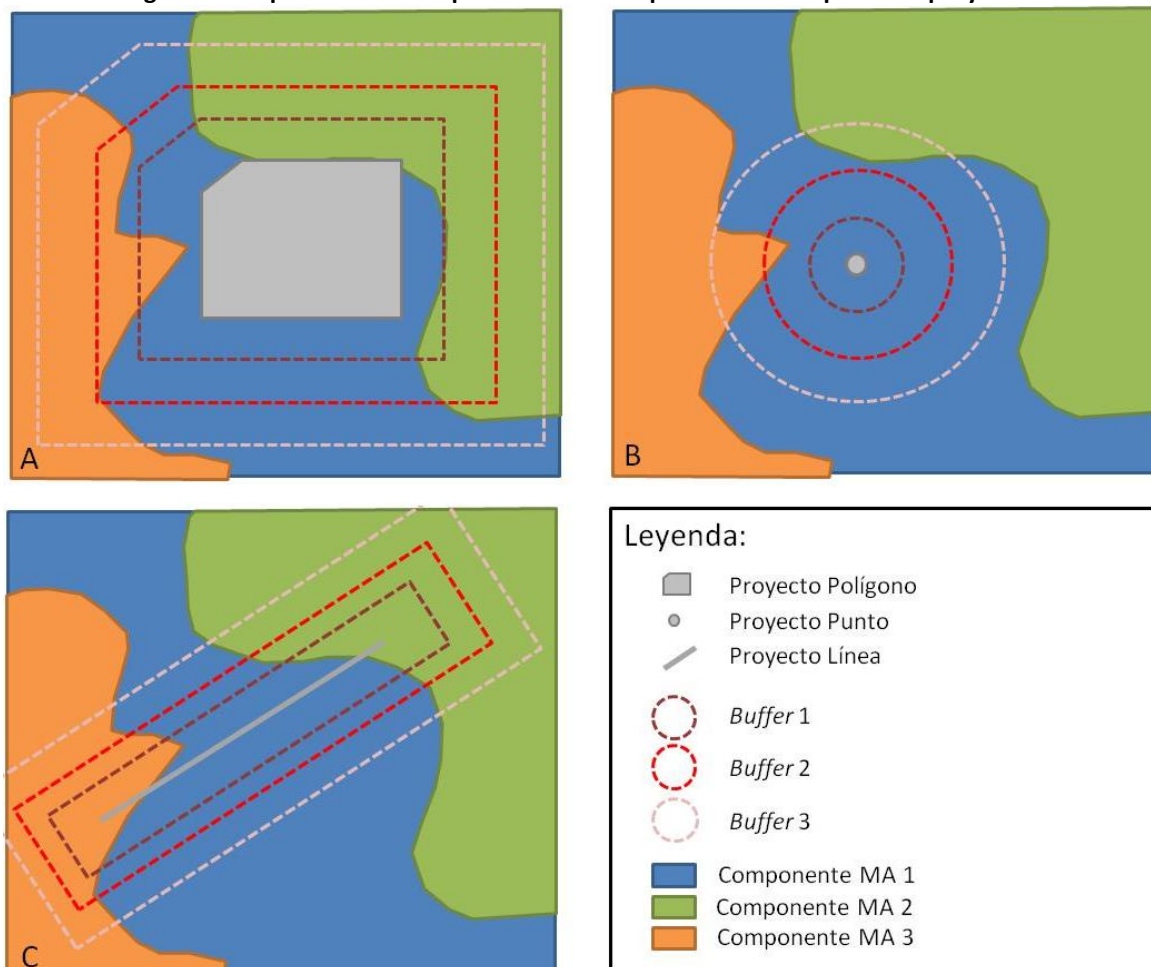
Tabla 4-13 Niveles información – Índice Características del Entorno

NIVEL	Descripción
1	Corresponde a la estimación del subíndice a partir de la información ideal del área de influencia, que consiste en una espacialización de las instalaciones en forma de polígonos georeferenciados.
2	Corresponde a aquel nivel en donde los proyectos son representados con puntos o líneas georeferenciadas (según correspondan las características espaciales del proyecto), lo cual corresponde a una simplificación de la realidad, ya que de este modo los proyectos/Actividades no tendrían representación areal.
3	Corresponde a la asignación de los valores a un proyecto cuando este no esté georeferenciado. En este caso el puntaje que tomará este proyecto sin georeferenciar será igual al del proyecto con mayor valoración, dentro de la misma comuna.

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4-1 es posible observar de manera esquemática la representación espacial de proyectos mediante polígonos, líneas y puntos, donde esta última corresponde al caso más simple de los tres. Sin duda, el Nivel 3 corresponde a la mayor simplificación posible en este caso.

Figura 4-1 Representación esquemática de la representación espacial de proyectos



Fuente: Elaboración Propia

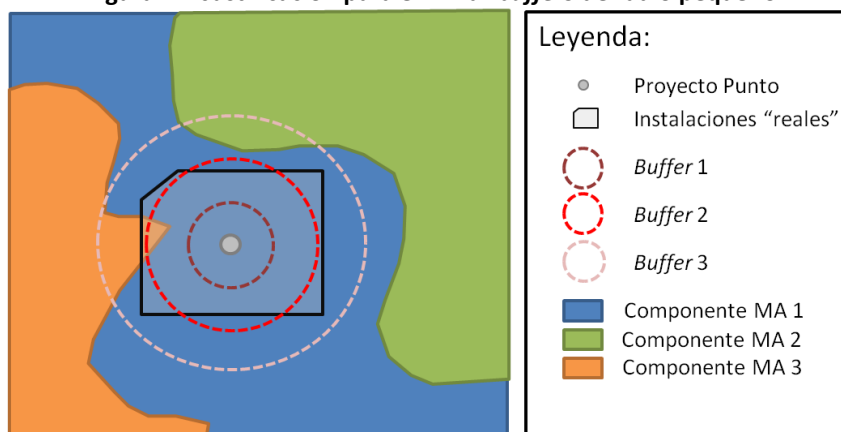
En cuanto a la extensión del área de influencia, esta debe caracterizar el nivel de exposición de los receptores en función de la cercanía a los potenciales peligros, sin embargo dada las diferencias existentes tanto en tipo como magnitud de los peligros, el establecimiento de criterios que caractericen estas áreas es una tarea monumental, que va mas allá de esta consultoría, ya que requeriría la definición de las áreas de influencia uno a uno para los 12.000 proyectos en el SEIA.

Por esta razón, el equipo consultor propone realizar una simplificación del concepto área de influencia, utilizando para todos los proyectos tres *buffers* concéntricos, cuyas distancias a los proyectos caractericen los distintos niveles de exposición. Para la definición de las distancias de cada *buffer* se propone, en vista de la complejidad del proceso y los recursos de la presente consultoría, una modificación de la metodología utilizada en la Republica de Irlanda e Inglaterra, considerando algunos casos emblemáticos de riesgo ambiental en Chile, y las limitantes a consideradas según la información disponible en el país.

Para caracterizar el área de influencia, tanto Inglaterra como la Republica de Irlanda utilizan tres *buffers* concéntricos, cuyos radios (medidos desde el límite de la instalación) son: 50, 250 Y 1.000 metros), los cuales indican que la exposición de los componentes medioambientales aumenta en función de la cercanía al proyecto que genera un potencial **peligro**.

Al analizar la aplicabilidad de estos *buffers* en Chile, es necesario considerar en primer lugar la información disponible actualmente en el país. Como el presente modelo se basa en el supuesto de que la ubicación de los proyectos y actividades esta siendo levantada como puntos, se genera una incompatibilidad con la metodología del Reino Unido, específicamente asociado a la escala. Esa problemática se refiere a los *buffers* de radio pequeño, puesto que la representación espacial de los buffers menores del área de influencia de una empresa pueden quedar inmersos totalmente dentro de las instalaciones del proyecto, tal como se puede observar en la Figura 4-2.

Figura 4-2 Justificación para eliminar *buffers* de radio pequeño



Fuente: Elaboración Propia

Es por esta razón que los *buffers* con un radio menor a 250 metros (que corresponde a 50 metros en el caso británico), fueron descartados para esta metodología, estableciéndose como el *buffer* menor aquel con un radio de 250 metros.

En segundo lugar, al analizar la aplicabilidad de la metodología Británica a este modelo, se realizó un ejercicio que permitiera evaluar los dos *buffers* restantes en la realidad chilena, para lo cual se analizaron 3 casos de riesgo ambiental emblemáticos en el País, como lo son: el sector industrial en las comunas de Quintero y Puchuncaví, lo sucedido en Tocopilla, y la planta de tratamiento de agua la Farfana.

Tras revisar los tres casos expuestos, el equipo consultor llegó a la conclusión de que es necesario crear un tercer *buffer*, cuyo radio sería de **4.000 m**. La importancia de este último *buffer* es que en aquellos casos donde los proyectos presenten una relación estrecha con alguna localidad, se considerarían en el análisis las localidades completas (o al menos gran

parte de ellas), como sucedería con los casos de Tocopilla, Quintero y La Greda (u otros como Huasco). Así mismo, este buffer permitiría caracterizar de mejor manera el entorno de aquellos proyectos que por diseño fueron emplazados en lugares con pocos receptores como La Farfana.

Finalmente, los *buffers* para caracterizar el área de influencia serán de los que se detallan a continuación:

Tabla 4-14 Buffers considerados para subíndice de TyDyE

Buffer (m)	Fuente
250	caso Británico
1.000	caso Británico
4.000	Propia

Fuente: Elaboración Propia

Los puntajes propuestos para cada *buffer* por el equipo consultor, son modificaciones de la metodología irlandesa, y se presentan en la Tabla 4-154. En la metodología irlandesa se presentan puntajes de 5, 3 y 1 según la proximidad al proyecto/actividad. El consultor propone puntajes de 10, 6 y 1, de manera de lograr valores máximos en los índices de 100 según lo presentado, sin alterar las proporciones propuestas en el caso irlandés.

Tabla 4-15 Puntaje según proximidad a receptores de interés – subíndice de TyDyE

Proximidad (m)	Puntaje
<250	10
250 – 1000	6
1.000– 4.000	1

Fuente: Elaboración Propia

El puntaje final asociado al subíndice de TyDyE será utilizado en el cálculo del Índice de Características del Entorno según una matriz de valores y un algoritmo específico para cada receptor, los cuales se muestran en el ítem 4.2.4 del presente informe.

4.2.3 Subíndice de Vulnerabilidad

El subíndice de vulnerabilidad es el otro componente de la caracterización del entorno en el que se encuentra la actividad o proyecto. Éste identifica los potenciales receptores afectados, y los clasifica según su vulnerabilidad.

4.2.3.1 Estimación del Subíndice

Para la estimación del presente subíndice se considerarán, al igual que el subíndice de TyDyE tres receptores de interés para estimar la vulnerabilidad del medio: población humana, ecosistemas y patrimonio cultural. La caracterización de cada uno de los receptores se realizará utilizando distintas capas de información geográfica.

Si bien, la estimación de este subíndice para cada proyecto o actividad se realizará de forma idéntica, se establecieron tres niveles asociados a la calidad de la información resultante, los cuales se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 4-16 Niveles información – Subíndice de Vulnerabilidad

NIVEL	Descripción
1	Corresponde a la estimación del subíndice a partir de la información ideal del área de influencia, que consiste en una espacialización de las instalaciones en forma de polígonos georeferenciados.
2	Corresponde a aquel en donde los proyectos son representados con puntos o líneas georeferenciadas (según correspondan las características espaciales del proyecto).
3	Corresponde a la asignación de los valores a un proyecto cuando este no esté georeferenciado. En este caso el puntaje que tomara este proyecto sin georeferenciar será igual al del proyecto con mayor valoración, dentro de la misma comuna.

Fuente: Elaboración Propia

La información disponible y sugerida para el Nivel 1 de información se muestra a continuación¹:

- **Receptor Humano:**
 - Población Urbana
 - Población Rural
 - Composición de la población (grupo etario y nivel socioeconómico)
- **Receptor Ecosistémico:**
 - Áreas Protegidas SNASPE

¹ (*)Información no disponible actualmente en el formato requerido, pero sugerida para el Nivel 1

- Áreas Protegidas Privadas
 - Santuarios de la Naturaleza
 - Sitios RAMSAR
 - Cuerpos de agua
 - Bosques Nativos
 - Áreas Marinas Costeras Protegidas
 - Acuíferos y Vegas protegidas
 - Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad
 - Áreas de preservación ecológica
 - Áreas de manejo de explotación de recursos bentónicos
 - Parques Marinos
 - Reservas Marinas
 - Áreas Reserva de la Biosfera
- **Patrimonio Cultural:**
 - Monumentos Nacionales
 - Mercedes Indígenas
 - Áreas de Desarrollo Indígena
 - Zonas de Interés turístico
 - Zonas Típicas Pintorescas
 - Lugares de Interés Histórico Científico (*)
 - Zonas de Conservación Histórica (*)

Para caracterizar la vulnerabilidad del medio en el cual el proyecto o actividad está inserto, se utilizarán las áreas de influencia de los proyectos (calculados en el índice de TyDyE). Se considerará el proyecto o actividad con mayor cantidad de capas o número de personas afectadas (según sea el receptor), y en base al máximo se relativizarán los demás proyectos o actividades porcentualmente. Cabe destacar que a medida que la base de datos se vaya complementando, automáticamente se actualizará el “máximo”, y con ello también el puntaje de vulnerabilidad por proyecto para cada receptor.

El puntaje asociado al subíndice de Vulnerabilidad se ajustará según los criterios específicos para cada receptor que se detallan en el siguiente punto.

4.2.3.2 Criterios de Ajuste

Los criterios de ajuste corresponden a aquellos valores que permiten caracterizar la vulnerabilidad de los receptores involucrados. Estos criterios son específicos para cada receptor.

4.2.3.2.1 Población humana

La vulnerabilidad de la población humana potencialmente afectada se ajustará según grupo etario y nivel socioeconómico, los cuales se agruparan en menores, adultos y adultos mayores; para la clasificación etaria, y para la clasificación según nivel socioeconómico se agrupara la población en Indigentes, Pobres no indigentes y no pobres.

La clasificación por grupo etario se realiza en función a la información disponible en el censo de población del año 2002, a nivel de manzana censal. La información de cantidad de población para cada manzana censal se clasifica de la siguiente manera:

- **Menores:** entre 0 y 18 años
- **Adultos:** entre 18 y 65 años
- **Adultos Mayores:** Mayores a 65 años

Por otro lado, la clasificación según nivel socioeconómico se realiza utilizando la información disponible en la encuesta CASEN del año 2009 (MIDEPLAN 2009), a nivel comunal. Las clases definidas en la encuesta y que corresponden a la variable "CORTE", y que representa la situación de indigencia o pobreza, son:

- **Indigente:** población que no ve satisfecha sus necesidades alimentarias. La línea de indigencia se estima en 1 vez el valor de una canasta básica de alimentos por miembro familiar, cuyo contenido calórico y proteico permite satisfacer un nivel mínimo de requerimientos nutricionales y que además refleja los hábitos de consumo prevalecientes.
- **Pobre no indigente:** población que no ve satisfecha sus necesidades básicas. La línea de la pobreza difiere entre las zonas rural y urbana. Así, en zonas urbanas corresponde a 2 veces el valor de una canasta básica de alimentos, y a 1,75 veces, en zonas rurales.
- **No pobre:** población cuyos ingresos per cápita son mayores al costo de dos canastas familiares.

Estimación de la vulnerabilidad poblacional

EL equipo consultor, tras un detallado estudio bibliográfico, elaboró la Tabla 4-17 donde se proponen puntajes para ajustar la vulnerabilidad de la población humana según grupo etario y nivel socioeconómico.

Tabla 4-17 Puntajes de ajuste de vulnerabilidad de la población humana

Grupos Etarios		Grupo socioeconómico		
		Indigente	Pobre	No pobre
		3	2	1
Menores	1	6	4	2
Adultos	1	3	2	1
Adultos Mayores	2	6	4	2

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.2.2 Receptores Ecosistémico y de Patrimonio Cultural

Para el caso de los receptores Ecosistémicos y de Patrimonio Cultural se propone ajustar la vulnerabilidad de cada capa sensible según la cantidad de elementos expuestos que tiene. Para estos fines, se propone que cada capa sensible medioambiental se ajuste según la cantidad de elementos contenidos en dicha capa. Por ejemplo, la capa sensible “Cuerpos de Agua” tendrá 3 elementos afectados si se afectan 2 ríos y 1 lago.

4.2.4 Cálculo del Índice de Características del Entorno

Para el cálculo del Índice de Características del Entorno se utilizará un algoritmo que permita integrar los subíndices TyDyE y Vulnerabilidad, de tal forma que el resultado considere en su valor tanto las características de los componentes medioambientales como una ponderación de los mismos según su nivel de exposición (representada por el *buffer* en el que se encuentra dicha componente).

Para poder calcular el Índice de Características del Entorno para cada receptor (población humana, ecosistemas y patrimonio cultural) se ponderan los subíndices de TyDyE y de Vulnerabilidad en la componente que caracteriza a cada receptor. Estos subíndices representan a la población o componentes expuestos y la vulnerabilidad de dicha población o componentes respectivamente.

Subíndice de Transporte Destino y Exposición

El subíndice de TyDyE es una matriz de 3X3 con valores asignados para cada *buffer* y cada receptor involucrado. Cada valor se activa si en dicho *buffer* se encuentra algún elemento (población o capas sensibles) afectado, y se asignan los valores de la Tabla 4-15. A continuación se presenta un ejemplo:

Tabla 4-18 Ejemplo asignación de puntajes subíndice de TyDyE

	¿Existen elementos contenidos en el <i>buffer</i> ?					Puntaje subíndice de TyDyE		
Receptor	Buffer				Receptor	Buffer		
	250	1000	4000			250	1000	4000
Población Humana	si	si	no	->	Población Humana	10	6	0
Ecosistemas	no	si	no		Ecosistemas	0	6	0
Patrimonio Cultural	no	no	si		Patrimonio Cultural	0	0	1

Fuente: Elaboración Propia

Sub índice de vulnerabilidad

Por otro lado el subíndice de vulnerabilidad para cada Receptor corresponde a la suma ponderada entre la población afectada (desagregada por grupo etario y nivel socioeconómico) o cantidad de capas sensibles afectadas en cada *buffer*, y los puntajes de ajuste de vulnerabilidad para cada receptor (Tabla 4-17 y cantidad de elementos para ecosistemas y patrimonio cultural):

$$I_{Vuln-PH}^i = \sum_{j,k} Pob_{j,k}^i \cdot PA_{Vuln,j,k}^i$$

o

$$I_{Vuln-R}^i = \sum_C PA_{C,R}^i$$

Donde:

- $I_{Vuln-PH}^i$: corresponde al subíndice de vulnerabilidad para el receptor de Población Humana en el *buffer* i
- I_{Vuln-R}^i : corresponde al subíndice de vulnerabilidad para el Receptor R (Ecosistemas o Patrimonio Cultural) en el *buffer* i
- $Pob_{j,k}^i$: corresponde a la población afectada en el *buffer* i, del grupo etario j y nivel socioeconómico k
- $PA_{Vuln,j,k}^i$: corresponde al puntaje de ajuste de vulnerabilidad en el *buffer* i para la población afectada del grupo etario j y nivel socioeconómico k

- $PA_{c,R}^i$: corresponde al puntaje de ajuste de vulnerabilidad en el *buffer* i para la cantidad de elementos pertenecientes a la capa sensible c del Receptor R (Ecosistemas o Patrimonio Cultural)

Según esto, para cada proyecto, el receptor Población Humana, corresponderá a una matriz en donde en el eje Y estarán las distintas clasificación poblacionales desagregadas por nivel socioeconómico y edad, mientras que en el eje X se encontrarán los buffers. De esta forma el cálculo de este subíndice, para este receptor se muestra en el siguiente ejemplo (Tabla 4-19).

Tabla 4-19 Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Vulnerabilidad: Población Humana

Tabla 4.25 Ejemplo de asignación de puntajes estimados de vulnerabilidad a población humana									
<i>Población Humana</i>		<i>Puntaje Ajuste</i>	<i>¿Cuántos habitantes hay dentro del buffer?</i>			<i>-></i>	<i>Puntaje desagregado subíndice Vulnerabilidad</i>		
		<i>Buffer</i>			<i>Buffer</i>				
		250	1000	4000	250		1000	4000	
Menores no pobres	2	60	40	10	120		80	20	
Menores pobres	4	100	50	20	400		200	80	
Menores indigentes	6	20	10	5	120		60	30	
Adultos no pobres	1	240	140	30	240		140	30	
Adultos pobres	2	400	300	50	800		600	100	
Adultos indigentes	3	100	50	10	300		150	30	
Adultos mayores no pobres	2	70	80	30	140		160	60	
Adultos mayores pobres	4	130	115	40	520	460	160		
Adultos mayores indigentes	6	60	25	15	360	150	90		
						<i>Puntaje Final subíndice Vulnerabilidad</i>	3000	2000	600

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, el cálculo de los puntajes para los receptores ecosistémico y Patrimonio Cultural, se realizara mediante una matriz en cuyo eje Y se encontrarán las capas expuestas, mientras que en el eje X estarán los distintos *buffers*. Según esto, su cálculo ejemplificado en la Tabla 4-20 se puede ver a continuación.

Tabla 4-20 Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Vulnerabilidad: Receptor Ecosistémico y Patrimonio Cultural

Capas Sensibles		¿Cuántos Elementos hay dentro del buffer?		
		Buffer		
		250	1000	4000
Receptor Ecosistémico				
Capa 1	2	0	0	
Capa 2	0	2	0	
Capa 3	0	1	3	
Capa 4	4	0	0	
Receptor Patrimonio Cultural				
Capa 1	0	2	0	
Capa 2	1	0	5	
Capa 3	0	2	3	
Capa 4	4	1	0	

→

Puntaje subíndice Vulnerabilidad		
Buffer		
250	1000	4000
6	3	3
5	5	8

Fuente: Elaboración Propia

Esto último da como resultado nuevamente una matriz de 3X3 con valores de vulnerabilidad asociados a cada Receptor y cada *buffer*.

Calculo Índice Características del Entorno

El puntaje de características del entorno estará dado por la suma ponderada entre los subíndices de TyDyE y Vulnerabilidad, agregada para los tres *buffer*:

Tabla 4-21 Ejemplo estimación puntaje de características del entorno

Receptor	I-TyDyE			I-Vuln			Pje-CE
	250	1.000	4.000	250	1.000	4.000	
Población Humana	10	6	0	3000	2000	600	42.000
Ecosistemas	0	6	0	6	3	3	18
Patrimonio Cultural	0	0	1	5	5	8	8

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se procede a normalizar el valor del puntaje de características del entorno para cada receptor con respecto al máximo del universo de proyectos:

$$Pje_norm_{CE-R}^i = \frac{Pje_{CE-R}^i}{\max_i(Pje_{CE-R}^i)}$$

Donde,

- $Pje_norm_{CE-R}^i$: corresponde al puntaje normalizado de Características del Entorno para el Receptor R para el proyecto o actividad i.
- Pje_{CE-R}^i : corresponde al puntaje de Características del Entorno para el Receptor R para el proyecto o actividad i.

Suponiendo valores máximos de 118.000, 32 y 35 para los tres receptores es posible estimar el puntaje normalizado según los valores del ejemplo anterior:

Tabla 4-22 Ejemplo estimación puntaje normalizado de características del entorno

Receptor	Pje-CE	Pje-CE Máximo	Pje-CE normalizado
Población Humana	42.000	118.000	0,356
Ecosistemas	18	32	0,563
Patrimonio Cultural	8	35	0,229

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el índice de características del entorno se estimará como el promedio ponderado entre los puntajes para cada receptor:

$$I_bruto_{CE}^i = \sum_R Pje_norm_{CE-R}^i \cdot Pond_{CE-R}$$

Donde:

- $I_pre_{CE}^i$: corresponde al Índice bruto de Características del Entorno para el proyecto o actividad i.
- $Pje_norm_{CE-R}^i$: corresponde al puntaje normalizado de Características del Entorno para el Receptor R para el proyecto o actividad i.
- $Pond_{CE-R}$: corresponde al ponderador para el puntaje de características del entorno para el receptor R.

Para estimar el índice características del entorno final, se procede a normalizar los valores del índice bruto de características del entorno de tal manera que el menor y mayor valor del universo de proyectos sean 1 y 100 respectivamente.

El equipo consultor propone inicialmente los siguientes ponderadores a ser utilizados:

Tabla 4-23 Ponderadores Índice características del entorno

Receptor	Ponderador
Población Humana	1/3
Ecosistemas	1/3
Patrimonio Cultural	1/3

Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo los valores del ejemplo anterior (Tabla 4-18 a la Tabla 4-22), dicho proyecto tendría un índice de características del entorno de 38.3.

Tabla 4-24 Ejemplo estimación Índice de Características del Entorno

Receptor	Pje-CE normalizado	Ponderador	I_CE
Población Humana	0,356	1/3	38.3
Ecosistemas	0,563	1/3	
Patrimonio Cultural	0,229	1/3	

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Índice de Percepción de Riesgo

El Índice de Percepción de Riesgo corresponde a la caracterización de los efectos del riesgo que percibe la población, que en la mayoría de los casos son muy distintas al caso riesgo real. Sin embargo, aunque las percepciones puedan objetivamente parecer erradas, ellas son las que gobiernan la conducta de la comunidad y la aceptabilidad del riesgo.

4.3.1 Estimación del Índice

El presente índice se propone como un ajuste al riesgo bruto, el cual proviene de un estudio de Bronfman y Cifuentes (2003), el cual considera la percepción del riesgo en torno a los **peligros ambientales**, **peligros tecnológicos** y los **productos y sustancias químicas**.

Sin embargo cabe destacar que esta información no corresponde a un nivel ideal de información, ya que el estudio considera solo la percepción de la población de la Región Metropolitana, y además tiene 9 años de antigüedad, por lo cual se podría considerar como un estudio desactualizado. Por este motivo, el equipo consultor propone el establecimiento de dos nuevos niveles de información que tengan información más actualizada y con una mejor escala de análisis.

Tabla 4-25 Niveles información – Índice de Percepción del Riesgo

NIVEL	Descripción
1	Estudio de percepción del riesgo por peligros asociados a las actividades contempladas en el SEIA, para cada región del país.
2	Estudio de percepción del riesgo por peligros asociados a las actividades contempladas en el SEIA, para todo el país.
3	Estudio de percepción del riesgo realizado por Bronfman y Cifuentes (2003), para la región metropolitana.

Fuente: Elaboración Propia

De manera de estimar un índice de percepción de riesgo para cada proyecto, se adaptan los puntajes de **riesgo social** percibido presentados por los autores, para caracterizar la tipología de proyectos (o letras del SEIA) según los peligros antedichos, pudiendo existir más de algún peligro asociado a una actividad o proyecto. El riesgo final asociado a cada proyecto se estimará como el valor **máximo** entre todos los peligros asignados, para evitar un doble conteo de peligros (por ejemplo, en el estudio referido se considera cambio climático y gases de efecto invernadero como peligros separados).

En base a los puntajes de riesgo percibido asignados según tipo de actividad y considerando el universo de tipologías o letras del SEIA, se estimará la media de estos, valor que se utilizará para dividir los demás valores. De esta manera, se tendrá que para un riesgo percibido medio, este índice tomará un valor de 1. Este índice finalmente modificará el valor del índice total (disminuyendo, manteniendo igual o aumentando). Para aquellos proyectos que no se cuente con información completa, por ejemplo las letras que indican qué proyectos ingresan a SEA (Ley 19.300 art. 10), se asignará un valor 1, que hará una modificación nula al valor estimado entre el índice de liberación y el de características del entorno.

El índice de percepción de riesgo para un tipo de proyecto estará dado por:

$$I_{Perc}^i = \frac{RS^i}{promedio(RS^i)_i}$$

Donde,

- RS^i : corresponde al Riesgo Social Percibido asignado al tipo de proyecto i.
- I_{Perc}^i : corresponde al índice de Percepción de Riesgo para el tipo de proyecto i.

A continuación en la Tabla 4-26 se presentan los puntajes de riesgo social asignados y el índice de percepción de riesgo para cada tipo de proyecto. Los peligros asignados por cada tipo de proyecto se encuentran en el archivo digital "MORA-Descripcion_IndicesRiesgo.xlsx".

Tabla 4-26 Índice de Riesgo Percibido según Letra Tipología SEIA

Letra	Riesgo Social Asignado	Índice Percepción de Riesgo
a1	7.36	0.97
a2	7.36	0.97
a3	7.36	0.97
a4	7.36	0.97
a5	7.36	0.97
a6	7.36	0.97
b1	6.09	0.80
b2	6.09	0.80
c	8.05	1.06
d	6.66	0.88
e1	8.05	1.06
e2	8.05	1.06
e3	8.05	1.06
e4	3.67	0.48

Letra	Riesgo Social Asignado	Indice Percepción de Riesgo
e5	3.67	0.48
e6	8.05	1.06
e7	8.05	1.06
e8	8.05	1.06
f1	8.05	1.06
f2	8.05	1.06
f3	8.05	1.06
f4	8.05	1.06
g1	5.79	0.76
g2	6.74	0.89
g3	8.61	1.13
g4	8.05	1.06
h1	8.61	1.13
h2	8.61	1.13
h3		1
h4		1
h5		1
h6		1
i1	8.05	1.06
i2	6.28	0.83
i3	8.05	1.06
i4	8.05	1.06
i5	8.05	1.06
j1	5.74	0.75
j2	7.36	0.97
j3	7.29	0.96
j4	7.36	0.97
k1	8.61	1.13
k2	8.05	1.06
l1	8.05	1.06
l2	8.05	1.06
l3		1
l4		1
l5	8.05	1.06
m1	7.51	0.99
m2	8.05	1.06
m3	8.05	1.06
m4	8.05	1.06

Letra	Riesgo Social Asignado	Indice Percepción de Riesgo
n1		1
n2		1
n3		1
n4		1
n5		1
n6	8.05	1.06
n7		1
ñ1	8.05	1.06
ñ2	8.05	1.06
ñ3	8.05	1.06
ñ4	8.05	1.06
ñ5	8.05	1.06
ñ6	8.05	1.06
o1	8.05	1.06
o10	7.36	0.97
o11		1
o2		1
o3	8.05	1.06
o4	8.05	1.06
o5	8.05	1.06
o6	7.29	0.96
o7	8.05	1.06
o8	8.05	1.06
o9	8.05	1.06
p	8.05	1.06
q	7.29	0.96
s	7.51	0.99
t		1

Fuente: Elaboración Propia en base a (Bronfman and Cifuentes 2003)

Cabe destacar que este índice se propone solamente con un nivel de información. La razón de esto radica en que la información utilizada para este nivel proviene de los resultados del estudio de Bronfman y Cifuentes (2003), los cuales fueron obtenidos en base a una encuesta realizada el año 2001 a habitantes de Santiago de Chile. El equipo consultor considera relevante actualizar el listado de peligros considerados, además de los valores de riesgo percibido, mediante la realización de nuevos estudios, para las distintas regiones (o en defecto, zonas) del país.

4.4 Índice de Riesgo Ambiental

Retomando la Figura 3-3, se aprecia que el Índice Total es función de los índices de Liberación y de Caracterización del Entorno. El índice total (o riesgo absoluto) se estima según la siguiente ecuación:

$$I_T^i = I_{Lib}^i \cdot I_{Ent}^i$$

Donde,

- I_{Lib}^i : corresponde al índice de Liberación para el proyecto o actividad i.
- I_{Ent}^i : corresponde al índice de caracterización del entorno para el proyecto o actividad i.

El Riesgo Relativo bruto estará dado por:

$$RR_bruto^i = I_T^i \cdot I_{Perc}^i$$

Donde,

- I_T^i : corresponde al índice Total (y es un proxy del riesgo absoluto) para el proyecto o actividad i.
- I_{Perc}^i : corresponde al índice de Percepción del Riesgo para el proyecto o actividad i.
- RR_bruto^i : corresponde al riesgo relativo bruto para el proyecto o actividad i.

Una vez obtenido el Riesgo Relativo bruto se procede a normalizar estos valores para un máximo de 100 para llegar finalmente al puntaje del Riesgo Relativo:

$$RR^i = \frac{RR_bruto^i}{\max_i(RR_bruto^i)}$$

Donde,

- RR_bruto^i : corresponde al riesgo relativo bruto para el proyecto o actividad i.
- RR^i : corresponde al riesgo relativo para el proyecto o actividad i.

El Riesgo Relativo permitirá realizar un ranking de las actividades o proyectos que presentan un mayor riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas.

Finalmente, se propone realizar un ajuste al riesgo relativo, en base al historial de fiscalización. Este ajuste, se estimará en base al tiempo transcurrido desde la última fiscalización según la siguiente tabla:

Tabla 4-27 Ponderador de ajuste por tiempo desde última fiscalización

Tiempo transcurrido desde última fiscalización (años)	Ponderador de ajuste
1	1
2	1,1
>=3	1,2

Fuente: Elaboración Propia

Dependiendo de la frecuencia de fiscalización que defina la SMA para los distintos tipos de proyectos, estos podrán subir en el ranking si ha pasado mucho tiempo desde la última visita inspectiva.

El Riesgo Relativo ajustado estará dado por:

$$RR_{ajustado}^i = RR^i \cdot Ajuste_{Fisc}^i$$

Donde,

- RR^i : corresponde al riesgo relativo para el proyecto o actividad i.
- $Ajuste_{Fisc}^i$: corresponde al ponderador de ajuste por tiempo transcurrido desde la última fiscalización para el proyecto o actividad i.
- $RR_{ajustado}^i$: corresponde al riesgo relativo ajustado por historial de fiscalización para el proyecto o actividad i

5. Referencias

Agencia Ambiental Reino Unido (2011). "The Compliance Classification Scheme." from <http://www.environment-agency.gov.uk/business/regulation/31825.aspx>.

Agencia Ambiental Reino Unido (2011). Environment Permitting Charging Scheme and Advice.

Bronfman, N. C. and L. A. Cifuentes (2003). "Risk Perception in a Developing Country: The Case of Chile." *Risk Analysis* **23**(6): 1271-1285.

EPA-OEE (2010). Guidance on Completion of Methodology for Determining Enforcement Category of Licences.

Environment Agency (2011). Environmental Permitting Regulations Operational Risk Appraisal Scheme (OPRA for EPR).

EPA-OEE (2009). Focus on Environmental Enforcement in Ireland: A report for the years 2006 - 2008.

EPA Victoria (2011). EPA Victoria Compliance and Enforcement Policy.

EU-PARLIAMENT and EU-COUNCIL (2006). Regulation (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union.

Fernández García, R. (2008). "Introducción a la Norma UNE 150008:2008 de Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental." *Residuos: Revista técnica* 18(106): 58-67.

Fundación para la Superación de la Pobreza (2005). Umbral Social 2006. Propuesta Para Una Futura Política Social. Santiago, Fundación para la Superación de la Pobreza: 298.

IMPEL (2008). "DOING THE RIGHT THINGS II": Step-by-step guidance book for planning of environmental inspection.

IMPEL (2010). Easytools: Risk Assessment in Inspection Planning.

Long, J. and B. Fischhoff (2000). "Setting Risk Priorities: A Formal Model." *Risk Analysis* **20**(3): 339-351.

Mazur, E., A. Bularga, et al. (2010). Risk-based Environmental Inspection in the Republic of Moldova: Developing Planning Tools and Defining the Resource Gap.

MIDEPLAN (2009). Encuesta CASEN.

Ministerio de Salud (2012, 05/15/2012). "Departamento de Estadísticas e Información de Salud." Egresos Hospitalarios. Retrieved 17/4, 2012, from <http://www.deis.cl/estadisticas-egresoshospitalarios/>.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (2007). Ley Nº19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Gobierno de Chile.

Morgan, M. G. (1990). Probing the Question of Technology-Induced Risk. Readings in Risk. Washington D.C., Resources for the Future.

OCDE (2009). Ensuring Environmental Compliance: TRENDS AND GOOD PRACTICES.

OCDE (2010). Improving the Effectiveness and Efficiency of Environmental Inspections: Risk-based Prioritisation and Planning in Moldova.

Slovic, P. (1987). "Perceptions of Risk." *Science* 30(4): 423-439.

US EPA (2011). "Risk Assessment." Retrieved 01 de diciembre, 2011, from <http://epa.gov/riskassessment/basicinformation.htm#arisk>.

Webler, T., H. Rakel, et al. (1995). "Eliciting and Classifying Concerns: A Methodological Critique." Risk Analysis 15(3): 421-436.