



## TRABAJOS TECNICOS RECIENTES DEL BANCO MUNDIAL

- No. 91 Reij, Mulder, and Begemann, *Water Harvesting for Plant Production: A Comprehensive Review of the Literature*
- No. 92 The Petroleum Finance Company, Ltd., *World Petroleum Markets: A Framework for Reliable Projection*
- No. 93 Batstone, Smith, and Wilson, *The Safe Disposal of Hazardous Wastes: The Special Needs and Problems of Developing Countries*
- No. 94 Le Moigne, Barghouti, and Plusquellec, *Technological and Institutional Innovation in Irrigation*
- No. 95 Swanson and Wolde-Semait, *Africa's Public Enterprise Sector and Evidence of Reforms*
- No. 96 Razavi, *The New Era of Petroleum Trading: Spot Oil, Spot-Related Contracts, and Futures Markets*
- No. 97 Asia Technical Department and Europe, Middle East, and North Africa Technical Department, *Improving the Supply of Fertilizers to Developing Countries: A Summary of the World Bank's Experience*
- No. 98 Moreno and Fallen Bailey, *Alternative Transport Fuels from Natural Gas*
- No. 99 International Commission on Irrigation and Drainage, *Planning the Management, Operation, and Maintenance of Irrigation and Drainage Systems: A Guide for the Preparation of Strategies and Manuals* (también en francés, 99F)
- No. 100 Veldkapm, *Recommended Practices for Testing Water-Pumping Windmills*
- No. 101 van Meel and Smulders, *Wind Pumping: A Handbook*
- No. 102 Berg and Brems, *A Case for Promoting Breastfeeding in Projects to Limit Fertility*
- No. 103 Banerjee, *Shrubs in Tropical Forest Ecosystems: Examples from India*
- No. 104 Schware, *The World Software Industry and Software Engineering: Opportunities and Constraints for Newly Industrialized Economies*
- No. 105 Pasha and McGarry, *Rural Water Supply and Sanitation in Pakistan: Lessons from Experience*
- No. 106 Pinto and Besant-Jones, *Demand and Netback Values for Gas in Electricity*
- No. 107 Electric Power Research Institute and EMENA, *The Current State of Atmospheric Fluidized-Bed Combustion Technology*
- No. 108 Falloux, *Land Information and Remote Sensing for Renewable Resource Management in Sub-Saharan Africa: A Demand-Driven Approach* (También en francés, 108F)
- No. 109 Carr, *Technology for Small-Scale Farmers in Sub-Saharan Africa: Experience with Food Crop Production in Five Major Ecological Zones*
- No. 110 Dixon, Talbot, and Le Moigne, *Dams and the Environment: Considerations in World Bank Projects*
- No. 111 Jeffcoate and Pond, *Large Water Meters: Guidelines for Selection, Testing, and Maintenance*
- No. 112 Cook and Grut, *Agroforestry in Sub-Saharan Africa: A Farmer's Perspective*
- No. 113 Vergara and Babelon, *The Petrochemical Industry in Developing Asia: A Review of the Current Situation and Prospects for Development in the 1990s*
- No. 114 McGuire and Popkins, *Helping Women Improve Nutrition in the Developing World: Beating the Zero Sum Game*
- No. 115 Le Moigne, Plusquellec, and Barghouti, *Dam Safety and the Environment*
- No. 116, *Dryland Management: The "Desertification" Problem*
- No. 117 Barghouti, Timmer, and Siegel, *Rural Diversification: Lessons from East Asia*
- No. 118 Pritchard, *Lending by the World Bank for Agricultural Research: A Review of the Years 1981 through 1987*
- No. 119 Asia Region Technical Department, *Flood Control in Bangladesh: A Plan for Action*
- No. 120 Plusquellec, *The Gezira Irrigation Scheme in Sudan: Objectives, Design, and Performance*
- No. 121 Listorti, *Environmental Health Components for Water Supply, Sanitation, and Urban Projects*
- No. 122 Dressing, *Support for Microenterprises: Lessons for Sub-Saharan Africa*

# **Libro de Consulta para Evaluación Ambiental**

## **Volumen III Lineamientos para Evaluación Ambiental de los Proyectos Energéticos e Industriales**

Departamento de Medio Ambiente

La versión española contó con la colaboración técnica de la Secretaría *Pro Tempore* del Tratado de Cooperación Amazónica, y el apoyo financiero del Departamento de Medio Ambiente del Banco Interamericano de Desarrollo, del Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial, de la División Técnica de Medio Ambiente para América Latina del Banco Mundial y de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional

Copyright © 1991  
Banco Internacional de Reconstrucción  
y Fomento/BANCO MUNDIAL  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433, EE.UU.

Todos los derechos reservados  
Impreso en los Estados Unidos de Norteamérica  
Primera impresión, octubre de 1991  
Segunda impresión, enero de 1992  
Primera impresión en español : julio de 1992  
Segunda impresión en español : enero de 1994

Se publican las Ponencias con el fin de comunicar, a la comunidad de desarrollo, con la menor demora posible, los resultados del trabajo del Banco. Por lo tanto, no se hizo el levantamiento de texto de esta ponencia de acuerdo con los procedimientos adecuados para textos formales impresos; por eso, el Banco Mundial no acepta ninguna responsabilidad por los errores.

Los resultados, interpretaciones y conclusiones que se expresan en esta obra pertenecen, exclusivamente, al(los) autor(es), y no deben, de ninguna manera, atribuirse al Banco Mundial, a sus organizaciones afiliadas, a los miembros de su Consejo de Directores Ejecutivos, ni a los países que éstos representan. El Banco Mundial no garantiza la exactitud de los datos que se han incluido en esta publicación, y no acepta ninguna responsabilidad por las consecuencias de su uso. Los mapas que acompañan al texto fueron preparados, únicamente, para dar facilidad a los lectores; las designaciones y la presentación del material que éstos contienen no implica ninguna opinión de parte del Banco Mundial, sus afiliados, su Consejo, o los países miembros, en cuanto a la condición legal de cualquier país, territorio, ciudad, área, las autoridades de los mismos, la delimitación de sus fronteras, o su afiliación nacional.

El material de esta obra ha sido registrado como propiedad literaria. Las solicitudes pidiendo permiso para reproducir porciones de la misma, deben ser enviadas al Director, al Departamento de Publicaciones, en la dirección indicada, anteriormente, bajo el aviso de la propiedad literaria. El Banco Mundial alienta la difusión de su trabajo, y, normalmente, da este permiso en forma oportuna, y, si la reproducción no tiene fines comerciales, no cobra por este servicio. No se necesita permiso para fotocopiar las porciones de la obra que se requieren para uso docente, aunque se agradece una notificación en cuanto a tal uso.

El *Índice de Publicaciones*, preparado anualmente, presenta una lista completa de los trabajos impresos producidos por el Banco Mundial, conteniendo la lista de títulos en orden alfabético (con toda la información necesaria para realizar los pedidos) y los índices de los temas, los autores, los países y las regiones. La última edición está disponible, sin costo, en la Unidad de Venta de Publicaciones, Departamento F, Banco Mundial, 1818 H Street, N.W., Washington, D.C. 20433, EE.UU., o en Publicaciones, Banco Mundial, 66, avenue d'Iéna, 75116, París, Francia.

ISSN:0253-7494

#### **Library of Congress Cataloging-in-Publication Data**

International Bank for Reconstruction and Development.  
Environment Dept.  
Environmental assessment sourcebook.

(World Bank technical paper, 0253,7494; no. 139)

Includes bibliographical references.

Contents: v.1.Policies, procedures, and cross-sectoral issues - - v.3. Guidelines for environmental assessment of energy and industry projects.

1. Economic development-Environmental aspects.

2. Environmental development - Environmental aspects.

II. Series: World Bank technical paper; no. 139, etc.

TD195.E25I58 1991 333.73'14 91-4324

ISBN 0-8213-1843-8 (v.1)

ISBN 0-8213-1845-4 (v.3)

**Volumen III: Lineamientos para Evaluación Ambiental de los  
Proyectos Energéticos e Industriales**

**INDICE**

	<b>Página</b>
Prólogo	v
Prefacio	vii
Créditos a la Primera Edición en Español	ix
Cómo Utilizar este Libro de Consulta	xi
Reconocimientos	xiii
<b>Capítulo 10: Energía y la Industria</b>	<b>1</b>
Manejo de Peligros Industriales	2
Manejo de Materiales Peligrosos	18
Ubicación de las Plantas y Desarrollo de Parques Industriales	20
Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica	26
Oleoductos y Gasoductos	33
Desarrollo de Petróleo y Gas--Costa Afuera	41
Desarrollo de Petróleo y Gas--En Tierra	52
Proyectos Hidroeléctricos	64
Proyectos Termoeléctricos	75
Financiación de Energía Nuclear: Opciones para el Banco	84
Cemento	90
Químico y Petroquímico	103
Fertilizantes	113
Procesamiento de Alimentos	122
Industrias y de Pequeña y Mediana Escala	132
Fabricación de Hierro y Acero	137
Metales no ferrosos	147
Refinación de Petróleo	159
Procesamiento de Pulpa, Papel y Madera	170
Extracción y Procesamiento de Minerales	181
Referencias	197
Anexo 10-1. Ejemplo de Términos de Referencia Evaluación Ambiental de Instalaciones Energéticas	205
Anexo 10-2. Ejemplo de Términos de Referencia Evaluación Ambiental de Instalaciones Industriales	211
<b>Abreviaturas/Siglas</b>	<b>217</b>
<b>Evaluación Ambiental - Una Guía Para Mayor Lectura</b>	<b>221</b>



## **PROLOGO**

El Libro de Consulta ha sido diseñado para ayudar a todo aquel que se ocupa de la Evaluación Ambiental (EA), incluyendo a los mismos asesores ambientales, diseñadores de proyectos y directores de trabajo (DT) del Banco Mundial. Este enfoque apoya una importante premisa de la evaluación ambiental: "que el desarrollo sostenido es más eficiente cuando los impactos negativos sobre el medio ambiente son identificados y tratados desde la etapa más temprana posible de la planificación." El Libro de Consulta brinda guía práctica para el diseño, justamente, de los proyectos sostenibles que reciben ayuda del Banco.

Los equipos de asesoramiento ambiental que realizan las evaluaciones ambientales para gobiernos receptores de préstamos, necesitan conocer la política del Banco referente al proyecto bajo consideración, así como los aspectos de un proyecto que son de particular interés para el Banco. Este Libro de Consulta proporciona información específica y una base común para la conversación entre las personas involucradas: profesionales de evaluación ambiental, el Banco y los gobiernos receptores de préstamos.

Los diseñadores de proyectos requieren conocer los requisitos aplicables del Banco y las implicaciones ambientales de los diseños elegidos. Además, necesitan comprender los objetivos de un equipo de evaluación ambiental. El Libro de Consulta proporciona no sólo consideraciones específicas para determinados proyectos, sino que también establece una base común para la discusión general, como la que se da en torno a la estrategia nacional.

Los directores de trabajo son responsables de asegurar que los prestatarios cumplan con los requisitos del Banco para el análisis ambiental, incluyendo las evaluaciones ambientales donde sean indicadas. El Libro de Consulta ofrece ayuda para estas tareas de consultoría, mediante el tratamiento de consideraciones ambientales fundamentales (con énfasis en aquellas que tienen relativamente mayor impacto); resúmenes de las políticas relevantes del Banco; y análisis de otros temas que afectan la implementación de los proyectos (es decir, créditos para intermediarios financieros, participación comunitaria, evaluación económica).

Es probable que los sectores interesados en el Libro de Consulta incluyan, además, a otros organismos de desarrollo económico y de financiación, equipos de evaluación ambiental, para proyectos externos al Banco, ecologistas, académicos y ONGs.

El Libro de Consulta da importancia a aquellas operaciones con mayor potencial para impactar, negativamente, en el medio ambiente, como son las nuevas infraestructuras, represas y carreteras. Los proyectos de menor potencial negativo, como son los de mantenimiento y de rehabilitación, no son examinados en detalle en esta etapa, pues ameritan un volumen aparte.

Las políticas y procedimientos del Banco, sus lineamientos, precedentes y "mejores prácticas" referentes al medio ambiente, se encontraban dispersas en toda la institución y sus publicaciones - o se hallaban solamente en manos de los jefes del personal del Banco. Ahora, este Libro de Consulta recoge estos conocimientos institucionales en una sola fuente. Su propósito es constituir un manual de referencia de fácil utilización; de ahí los solapamientos y repeticiones. Su formato ha sido diseñado para facilitar las frecuentes actualizaciones que resultan necesarias en un campo de tan rápido cambio como es el medio ambiente. El Índice constituye el punto de entrada más eficiente para ubicar las secciones relevantes para el usuario individual. Por eso, se invita a hacer comentarios de cualquier especie, sobre cómo puede llenar mejor sus necesidades este Libro de Consulta.



## **PREFACIO A LA PRIMERA EDICION**

Este Libro de Consulta sobre el Medio Ambiente ha estado en circulación para su uso como borrador durante casi un año. Ahora se le ofrece a Ud., en calidad de prueba. Buscamos su ayuda, con el contenido actual, para alertarnos sobre cualquier tema faltante que debe ser incluido, y pedimos mayores sugerencias de sus "usuarios". Si tienen comentarios, por favor hágalos conocer, mientras utiliza el Libro. La manera más eficiente de comunicar su apreciación es devolver páginas marcadas a mi oficina (Oficina S-5029; o Fax: 202/477-0565).

El Libro de Consulta será revisado, a medida que se adquiera nueva información y experiencia. La versión más actualizada estará disponible, en forma electrónica, para toda persona con acceso al correo electrónico, "Todo-en-uno", del Banco. Mediante la constante revisión y evaluación de la experiencia, anticipamos poder mantener este documento como un recurso vivo, funcional y actualizado.

Kenneth Piddington  
Director  
Departamento de Medio Ambiente  
The World Bank  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433  
USA



## **CREDITOS A LA PRIMERA EDICION EN ESPAÑOL**

La versión española del Libro de Consulta para Evaluación Ambiental fue de responsabilidad del equipo de la Secretaría Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica, integrado por el Ing. Luis Carrera de la Torre, Secretario *Pro Tempore*, Armando Vallejo, Michael D. Gilbertson, Antonio Brack Egg, Fernando Viteri y Ralph Dexter, la dirección editorial de Rubén Risco Intriago y bajo la coordinación general de Roberto Samanez Mercado.



## COMO UTILIZAR EL LIBRO DE CONSULTA

El Libro de Consulta ha sido diseñado para facilitar el proceso de la evaluación ambiental. Se propone que sea empleado por toda persona involucrada en la evaluación ambiental; primordialmente, los profesionales en la evaluación ambiental; pero también por grupos que la fomentan, diseñadores de proyectos, directores de trabajo y ecologistas en general. Aunque gran parte del documento hace referencia, principalmente, a créditos para proyectos, podrían ser tratados subsecuentemente los créditos en base a las políticas y ajustes. El Libro de Consulta es un manual de referencia que contiene la información necesaria para manejar el proceso de la evaluación ambiental de acuerdo con los requisitos de la Directiva Operacional del Banco Mundial para la evaluación ambiental (Directiva Operacional 4.00, Anexo A, Octubre 1989). Es un documento largo debido a la amplia gama de temas tratados. Sin embargo, ningún usuario necesitará toda la información que contiene el libro. Por eso, se ha organizado cada contenido para que sea lo más accesible posible, y existe una lógica por la cual el usuario podrá encontrar los artículos referentes a una operación crediticia en particular. El Libro de Consulta se preocupa en operaciones con mayor potencial que impactan negativamente en el medio ambiente, como son las obras nuevas de infraestructura, antes que de operaciones con menos impacto potencial, como es la rehabilitación y el mantenimiento, por más importantes que sean en sus inversiones.

El Índice es la sección más importante del Libro de Consulta. Ayudará al usuario, interesado en una operación específica (ver el ejemplo del riego a continuación).

El Capítulo I, se recomienda para los responsables de un proyecto con apoyo del Banco, y cuyos impactos ambientales sean potencialmente significativos. Resume los requisitos del Banco para la evaluación ambiental, y bosqueja el proceso de análisis ambiental del Banco, desde la selección, al momento de identificar un proyecto, hasta la evaluación después de su finalización. Varios recuadros ilustran las diversas aplicaciones de la evaluación ambiental, a las actividades de desarrollo. Se incluye la Directiva Operacional 4.00, Anexo A, en el Capítulo 1, junto con una lista de otros documentos de procedimientos y políticas operacionales del Banco, relacionados con la evaluación ambiental. El Anexo 1-3, presenta un formato modelo para los Términos de Referencia de una evaluación ambiental, que los directores de trabajo podrán adecuar a sus necesidades específicas.

Los Capítulos 2 y 3, tratan los problemas. Proporcionan información y orientación sobre varios temas, algunos de los cuales probablemente surjan durante la evaluación ambiental. Los problemas en el Capítulo 2, son principalmente ambientales, mientras que los que contiene el Capítulo 3, son sociales y culturales. Desde luego, los capítulos pueden ser leídos en su totalidad, pero existen dos formas adicionales de utilizarlos. Sus subtítulos se presentan en el Índice, permitiendo al usuario encontrarlos por separado. También son citados donde sea aplicable en las discusiones de los lineamientos de evaluación ambiental para tipos específicos de proyectos, para que sea posible referirse a ellos durante la preparación para realizar una evaluación ambiental en particular.

Los Capítulos 4, 5 y 6 son metodológicos: la economía, las instituciones, y los créditos para intermediarios financieros. No se propone que sustituyan el conocimiento y habilidades de los expertos, que realizan las evaluaciones ambientales en sí. El Capítulo 4, le da al usuario del Libro de Consulta una idea de lo que se puede lograr en el campo de la evaluación económica de los costos y beneficios ambientales, como parte de una evaluación ambiental. El Capítulo 5, trata del fortalecimiento institucional. Enfatiza la necesidad de desarrollar la capacidad local en la evaluación ambiental, identifica algunas de las necesidades más amplias de evolucionar la capacidad de manejo ambiental del país, las cuales puede revelar una evaluación ambiental, y considera qué se puede esperar en la práctica, en cualquiera de las dos áreas, de un solo préstamo o crédito. El Capítulo 6 analiza los problemas particulares asociados con la evaluación ambiental de los créditos para intermediarios financieros y sectoriales. El grado de importancia que tengan estos capítulos

para el usuario individual, dependerá del tipo de proyecto y la naturaleza del manejo ambiental existente en el país receptor del préstamo.

El Capítulo 7, trata sobre la participación comunitaria y el rol de las organizaciones no gubernamentales en la evaluación ambiental, explora las implicaciones de los requisitos en esta área, contenidos en Directiva Operacional 4.00, Anexo A, y brinda orientación sobre cómo cumplirlos. Puesto que la participación comunitaria es un concepto nuevo, no sólo para algunos miembros del personal del Banco, sino también para los funcionarios de los países receptores de créditos. Se recomienda que lean el capítulo todos los asesores ambientales, así como todos los directores de trabajo.

Los Capítulos 8, 9 y 10, contienen lineamientos sectoriales para las evaluaciones ambientales. Comienzan con consideraciones generales pertinentes a la evaluación ambiental en los sectores tratados y con análisis de temas particularmente relevantes (p.ej., "Manejo Integrado de Plagas y Uso de Agroquímicos", en el Capítulo 8, que concierne al sector agrícola, o la ubicación de plantas, en el Capítulo 10, sobre los proyectos en el sector industrial y energético). Los temas constan en el Índice y tienen referencias cruzadas a lo largo del Libro de Consulta. El balance de cada capítulo enfoca tipos específicos de proyectos, elegidos primordialmente por tener impactos ambientales potencialmente significativos. Para cada tipo, el proyecto es descrito brevemente (simplemente para indicar las características ambientalmente significativas del proyecto), se resume los potenciales impactos, y se anota los problemas especiales que deberían ser considerados en una evaluación ambiental. Se bosqueja posibles alternativas para el proyecto y se agrega el análisis de las necesidades administrativas y de capacitación, y los requisitos de seguimiento. Cada estudio concluye con una tabla de potenciales impactos y posibles medidas para atenuarlos. Se reúne, en una sola sección de cada capítulo, los Términos de Referencia modelo para los diversos tipos de proyectos.

En el caso de un crédito para un proyecto de riego a fin de reclamar tierras áridas, el usuario consultaría, como mínimo, las siguientes secciones del Libro de Consulta:

Capítulo 1: El Proceso de Análisis Ambiental (si no está ya familiarizado con las evaluaciones ambientales del Banco)

Capítulo 8: "Riego y Drenaje" (sobre lineamientos para proyectos específicos y términos de referencia modelo)

Capítulo 2: "Tierras Áridas y Semiáridas" y "Manejo de los Recursos Terrestres y Acuáticos" (para una reseña de los problemas ambientales)

Capítulo 7: "Participación Comunitaria y el Rol de las ONGs en el Análisis Ambiental" (si no está ya familiarizado con el tema de las evaluaciones del Banco)

La necesidad de mayor información se hará evidente; por ejemplo, los pueblos tribales, las vías fluviales internacionales, la población de nuevas tierras, la repoblación, o el fortalecimiento institucional; podrán surgir como preocupaciones importantes dentro del proyecto, y se podrá consultar las secciones apropiadas del Libro de Consulta.

## RECONOCIMIENTOS

El personal del Libro de Consulta está en deuda con los colegas y asesores del Banco, quienes contribuyeron a la primera edición del Libro de Consulta para Evaluación Ambiental. Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Comité Directivo para la Evaluación Ambiental, por la supervisión del proyecto de principio a fin. Agradecemos a nuestros colegas en la comunidad internacional, así como los colegas en organismos gubernamentales y ambientales, por sus comentarios sobre las diversas secciones del Libro de Consulta, y por aportar sus propios materiales.

**Departamento de Medio Ambiente:** Kenneth Piddington, Director.

**Personal del Libro de Consulta sobre la Evaluación Ambiental:** The Environmental Assessment Sourcebook fue recopilado y editado por Robert Goodland, Thomas E. Walton III, Valerie Edmundson y Charlotte Maxey.

**Comité Directivo de Implementación de la Evaluación Ambiental:** Gloria J. Davis, Coordinadora, (ASTEN); Cynthia C. Cook (AFTEN); Colin Rees (ASTEN); Martyn J. Riddle (CENDD); J.A. Nicholas Wallis (EDIAR); Bernard Baratz, Stephen F. Lintner (EMTEN); Cesar A. Plaza (LATEN); Surinder P.S. Deol (POPTR); y James Listorti (Consultor).

**Capítulo 1: El Proceso del Análisis Ambiental:** Autor: Thomas E. Walton, III (Consultor). Revisores: Cynthia C. Cook (AFTEN); Walter J. Ochs (AGRPS); Arthur E. Bruestle, Gloria J. Davis y Colin Rees (ASTEN); Thierry Baudon, Stephen F. Lintner, Spyros Margeris y Peter W. Whitford (EMTEN); Robert Goodland (ENVDR); y Albert Printz (Consultor).

**Capítulo 2: Problemas Globales e Intersectoriales en el Análisis Ambiental:** Autores: Jan C. Post (ENVAP); Alcira I. Kreimer (ENVPR); Barbara Lausche (LEGOP); Barbara Braatz, Charlotte Maxey, Peter Little, Byron Nickerson, Richard Stoffle, Jon M. Trolldalen, James Talbot y Thomas E. Walton III (Consultores). Revisores: Agnes Kiss, Walter J. Lusigi, Robert Tillman (AFTEN); David A. P. Butcher, Gloria J. Davis, Colin Rees y Susan S. Shen (ASTEN); Bernard Baratz, Stephen F. Lintner y Peter W. Whitford (EMTEN); Warren D. Fairchild (EMTAG); Robert Goodland (ENVDR); Alcira I. Kreimer (ENVPR); George Ledec (LATEN); Hans J. Peters (INUTD); Albert Printz y Lee Talbot (Consultores).

**Capítulo 3: Problemas Sociales y Culturales en el Análisis Ambiental:** Autores: David A.P. Butcher, Gloria J. Davis, Augusta Molnar y William Partridge (ASTEN); Mona Fikri, Jasper Ingersoll, Peter Little, Pam Stambury, Richard Stoffle y June Taboroff (Consultores). Revisores: Michael M. Cernea, Scott E. Guggenheim (AGRPS); Poul A. Sihm (AFTAG); Cynthia C. Cook, Lee Talbot, Robert Tillman (AFTEN); Valter Angell, Authur E. Bruestle, Colin Rees (ASTEN); Raymond J. Noronha (ENVAP); Mary B. Dyson y Michael P. Wells (ENVPR); John M. Courtney (ITFPS); Shelton F. Davis (LATEN). y Albert Printz (Consultor).

**Capítulo 4: Métodos de Evaluación Económica en el Análisis Ambiental:** Autores: Herman Daly, Ernst Lutz y Mohan Munasinghe (ENVPR). Revisores: Valter Angell (ASTEN); Jeremy J. Warford (ENVDR); John Dixon (LATEN); y Albert Printz (Consultor).

**Capítulo 5: Fortalecimiento de las Capacidades e Instituciones Locales:** Autores: Gloria J. Davis (ASTEN); Stephen F. Lintner (EMTEN); Barbara Lausche (LEGOP); y Thomas E. Walton III (Consultor). Revisores: Jean B. Aden (ASTEN); Robert Goodland (ENVDR); Albert Printz (Consultor).

**Capítulo 6: Créditos Sectoriales, Intermediarios Financieros y Análisis Ambiental:** Autores: Martyn J. Riddle (CENDD); Charlotte Maxey y Thomas E. Walton III (Consultores).

Revisores: Rolf Glaeser (AF1IE); Paul Murgatroyd (AS1IE); Jean B. Aden (ASTEN); Kurt M. Constant (ASTIF); Paul A. Popiel (AFTTF); Robert D. Graffam y Rudolf van der Bijl (CCMDR); Millard F. Long (CECFP); Khosrow Zamani (CEMD2); Khalid Siraj (CODOP); Fred D. Levy, Jr. (EAS); Delbert A. Fitchett (EDIAR); Josef Duster (EM1AG); Bernard Baratz (EMTEN); Mark R. Nicholson (INVD1); Samia El Baroudy (LA1TF); y Christophe Bellinger (MIGGU); Melanie Johnson y Albert Printz (Consultores).

**Capítulo 7: Participación Comunitaria y el Papel de las ONGs en el Análisis Ambiental:**

Autores: Robert Goodland (ENVDR); y William Nagle (Consultor). Revisores: Francis J. Lethem (AF2DR); Cynthia C. Cook (AFTEN); Michael M. Cernea, Scott E. Guggenheim (AGRPS); Gloria J. Davis, David A.P. Butcher, William Partridge (ASTEN); Maritta Koch-Weser, Raymond J. Noronha, June Taboroff (ENVAP); Mary Dyson (ENVPR); David M. Beckmann (EXTIE); Shelton H. Davis (LATEN); Nancy Alexander (Friends Committee on National Legislation); Albert Printz (Consultor); y Diane Wood (World Wildlife Fund).

**Capítulo 8: La Agricultura y el Desarrollo Rural:**

Autores: Agnes Kiss (AFTEN); Robert Goodland (ENVDR); Anil Somani, Kirk Barker, Susan Braatz, Eugene Dudley, Peter Freeman, John Glenn, Charlotte Maxey, Byron Nickerson, James Talbot, y Thomas E. Walton III (Consultores). Revisores: Poul A. Sihm (AFTAG); Cynthia C. Cook, Agnes Kiss, Robert Tillman (AFTEN); Guy J.M. LeMoigne (AGRDR); Shawki Barghouti, Walter J. Ochs (AGRPS); John F. Cunningham, Robert G. Grimshaw (ASTAG); Valter Angell, Roger S. Batstone, Susan Braatz, Arthur E. Bruestle, Colin Rees (ASTEN); Martyn J. Riddle (CENDD); J.A. Nicholas Wallis (EDIAR); Warren D. Fairchild, Permanand Gupta, Colin W. Holloway, Gert Van Santen (EMTAG); Bernard Baratz, Anders O. Halldin, Stephen F. Lintner, y Spyros Margetis (EMTEN); Robert J. Goodland (ENVDR); Asif Faiz (INUTD); Daniel Gross (LA1AG); William D. Beattie, Michael J. McGarry (LATAG); Dennis Child (USDA); Albert Printz, James Smyle (Consultores); y David J. Parrish (Virginia Polytechnic Institute and State University).

**Capítulo 9: Población, Salud y Nutrición; Desarrollo Urbano; Transporte; Agua Potable y Alcantarillado:**

Autores: Carl R. Bartone (INURD); Albert M. Wright (INUWS); Sandra Cointreau, Colin Franklin, Peter Freeman, James Listorti, Charlotte Maxey, Byron Nickerson, James Talbot y Thomas E. Walton III (Consultores). Revisores: Cynthia C. Cook, Robert Tillman (AFTEN); Shirin N. Velji (AS2IN); Roger J. Batstone, Arthur E. Bruestle, David G. Williams (ASTEN); Jean H. Doyen (AFTIN); Shirin N. Velji (AS2IN); Martyn J. Riddle (CENDD); A. Amir Al-Khafaji (EM2IN); Mario A. Zelaya (EM3IN); Maurice W. Dickerson (EM4IN); Stephen F. Lintner, Spyros Margetis, Peter W. Whitford (EMTEN); Richard A. MacEwen (EMTIN); Carl R. Bartone, Michael A. Cohen (INURD); Asif Faiz, Jeffrey S. Gutman, Ian G. Heggie, Hans J. Peters (INUTD); Albert M. Wright (INUWS); John M. Courney (ITFPS); Shelton H. Davis (LATEN); J. Rausche (Cuerpo de Ingenieros de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos); Perry Davies y Albert Printz (Consultores).

**Capítulo 10: Energía e Industria:**

Autores: Robert Goodland (ENVDR); Hans Adler, Sandra Cointreau, Eugene Dudley, Valerie Edmundson, Bernanda Flicstein, Ken Kosky, Tom Loomis, John Mulckhuysse, James Newman, Byron Nickerson, Anil Somani, James Talbot, y Thomas E. Walton III (Consultores). Revisores: Robert Tillman, (AFTEN); John E. Strongman, Peter van der Veen (AFTIE); Uruj Ahmad S. Kirmani, Mihir Mitra, Christopher Wardell (ASTEAG); Roger J. Batstone, Colin Rees (ASTEN); Martyn J. Riddle, Jean M.H. Tixhon (CENDD); David A. Craig (EM4IE); Suman Babbar (CFSPS); Bernard Baratz, Anders O. Halldin, y Stephen F. Lintner (EMTEN); Achilles Adamantiades, Mogens H. Fog (EMTIE); Anthony A. Churchill (IENDR); John Homer (IENGU); Alvaro J. Covarrubias, Hernan G. Garcia (LATIE); y Albert Printz (Consultor).

## **CAPITULO 10**

### **ENERGIA E INDUSTRIA**

Durante los últimos años, la energía ha sido el segundo sector crediticio en importancia para el Banco. Dentro del sector, los proyectos energéticos han recibido la mayoría de los préstamos. Los grandes proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos, usualmente, tienen impactos que son variados y, potencialmente, muy importantes. Además a menudo, son contenciosos desde el punto de vista de la aceptación del público. Por eso, el Libro de Consulta presenta amplios lineamientos para estos tipos de proyectos, así como para los sistemas de transmisión de energía.

Ha sido más pequeña, relativamente, la participación de los préstamos y créditos para la explotación de petróleo, gas y carbón en el total para el sector. Sin embargo, como en estas operaciones, con frecuencia, existe un gran potencial para causar contaminación y trastornos en las áreas naturales frágiles, se tratan muy ampliamente en este capítulo.

Gran parte del Capítulo 10 se dedica a la descripción de los impactos ambientales de los proyectos industriales típicos. El crédito que recibe la industria, normalmente, es menos del diez por ciento del total cada año; sin embargo, la clase de operaciones industriales que se tratan en este capítulo pueden tener impactos muy pronunciados, aunque las instalaciones individuales sean relativamente pequeñas.

En muchos casos, las secciones de este capítulo que tratan, específicamente, el proyecto, recomiendan que las normas de control de contaminación se establezcan y se ejecuten. Sin embargo, no es el propósito del Libro de Consulta prescribir las normas en sí. En algunas secciones, se presentan las normas, ampliamente aceptadas, que se aplican a las emisiones, los efluentes y las condiciones ambientales del lugar de trabajo, pero únicamente como una guía general. No reemplazan a las normas nacionales apropiadas, o en ausencia de éstas, a los preceptos basados en las buenas prácticas del subsector respectivo.

Se ha dicho varias veces en el Libro de Consulta que el Banco considera que la evaluación ambiental es una oportunidad para identificar, al inicio del proyecto, los problemas que serán costosos si aparecen, inesperadamente, más tarde. En el caso de la mayoría de los proyectos de inversión energética e industrial, el momento ideal para iniciar el estudio de los impactos ambientales es el de la selección del sitio. Un sitio inadecuado puede acarrear impactos ambientales y sociales que serán difíciles y costos para manejar, en el mejor de los casos; en cambio, al seleccionar el sitio con sabiduría, muchos de los impactos pueden ser evitados completamente. Por esta razón, se incluye en este capítulo, una sección sobre la ubicación de las plantas.

Además, el Capítulo 10 contiene dos secciones adicionales de interés general. Una se refiere al manejo de los peligros industriales -- tanto los que existen en el lugar de trabajo (los mismos que la Directiva Operacional sobre Evaluación Ambiental ha incluido dentro del análisis ambiental), como los que ocurren en el medio natural y las comunidades debido a las operaciones industriales. Hay una sección separada que trata los materiales que son de especial interés para el Banco, porque son considerados peligrosos, o porque se conoce, generalmente, su potencial para causar amplia degradación ambiental si se manejan mal o se utilizan bajo condiciones inadecuadas.

# MANEJO DE PELIGROS INDUSTRIALES

## Aspectos Generales

1. Las instalaciones industriales incluyen una gran variedad de operaciones de minería, transporte, generación de energía, fabricación y eliminación de desperdicios, que tienen peligros inherentes que requieren un manejo cuidadoso. Por ejemplo, las operaciones industriales que incluyen el manejo, almacenamiento y procesamiento de sustancias que son potencialmente peligrosas (p.ej., los químicos reactivos y desechos peligrosos). Asimismo, las instalaciones industriales, pueden acarrear peligros potenciales que son distintos de aquellos de las sustancias peligrosas.

2. Debido a la existencia de peligros en los medios industriales es necesario manejar, adecuadamente, los siguientes riesgos para reducir al mínimo los impactos adversos: las condiciones que pueden llevar, potencialmente, a los accidentes que involucran derrames importantes (p.ej., de tuberías, conexiones flexibles, filtros, válvulas, recipientes, bombas, compresores, tanques, chimeneas), las condiciones de salud y bienestar ocupacional, y de seguridad en el trabajo.

3. Para los fines de este documento, se clasifican los materiales y desechos peligrosos bajo una o más de las siguientes definiciones:

- (a) **Inflamable:** son las sustancias que se encienden con facilidad y que, por lo tanto, representan un peligro de incendio bajo las condiciones industriales normales (p.ej., los metales triturados, los líquidos cuyo punto de inflamación sea de 100°F o menos),
- (b) **Corrosivo:** son las sustancias que requieren contenedores especiales debido a su capacidad de corroer los materiales normales (p.ej., los ácidos, los anhídridos de los ácidos y los álcalis).
- (c) **Reactivo:** son los materiales que requieren especial almacenamiento y manejo porque tienden a reaccionar espontáneamente con los ácidos o sus vapores (p.ej., los cianuros y los álcalis concentrados), y porque tienden a reaccionar vigorosamente con el agua o el vapor (p.ej., el fosfeno, los ácidos o álcalis concentrados), o tienen la tendencia de ser inestables en caso de un choque o si existe calor (p.ej., los líquidos inflamables presurizados, los pertrechos militares), cuyo resultado incluye la generación de gases venenosos, la explosión, el incendio, o la evolución de calor.
- (d) **Tóxico:** son las sustancias (p.ej., los metales pesados, los pesticidas, los solventes, los combustibles provenientes del petróleo), los cuales, al ser manejados incorrectamente, pueden liberar cantidades suficientes de los materiales tóxicos, que puedan causar un efecto directo, crónico o agudo, para la salud, debido a su inhalación, absorción a través de la piel, e ingestión, o causar una acumulación potencialmente tóxica en el medio ambiente y/o en la cadena alimenticia.
- (e) **Biológico:** son los materiales que, al manejarlos inadecuadamente, pueden liberar cantidades suficientes de los microorganismos patogénicos que pueden causar concentraciones suficientes de infección, polen, hongos o caspa, que pueden provocar reacciones alérgicas en las personas que sean susceptibles al peligro.

4. Además de las categorías anteriores de sustancias peligrosas, hay riesgos generales que se relacionan con las instalaciones industriales. Estos incluyen las siguientes categorías:

- (a) **Eléctricos:** electrocución por los conductores cargados y el mal uso de las herramientas eléctricas, cables de transmisión elevados, alambres eléctricos caídos, cables subterráneos y el trabajo realizado durante las tempestades eléctricas;
- (b) **Estructurales:** el potencial de caerse o forzarse si en el trabajo existen superficies resbalosas, cuestas empinadas, gradas estrechas, hoyos abiertos, obstrucciones y pisos inestables; el potencial de sufrir heridas a causa de objetos punzantes, y el riesgo de ser atrapado a causa del hundimiento de zanjas o minas, o por los declives inestables de los montones de materiales;
- (c) **Mecánico:** choques con los equipos en movimiento, especialmente, en marcha atrás, rotura de poleas o cables, y el enredamiento de la ropa en los engranajes o taladros;
- (d) **Temperatura:** fatiga térmica en los ambientes calientes, o al trabajar con ropa que limite la disipación del calor corporal o el sudor; efectos del frío en los ambientes helados, o si el factor de enfriamiento del viento es excesivo;
- (e) **Ruido:** fatiga y daños físicos en el oído, al estar sujeto a niveles de ruido que excedan las normas recomendadas (p.ej., un nivel de ruido ponderado por el tiempo durante un período de 8 horas que sea mayor de 90 dBA, decibeles de la escala de A ponderada);
- (f) **Radiación:** quemaduras y/o heridas internas al exponerse a niveles excesivos de radiación ionizadora;
- (g) **Deficiencia de Oxígeno:** pueden haber efectos para la salud a raíz del desplazamiento del oxígeno por otro gas, o su consumo en una reacción química, especialmente, en los lugares cerrados o las áreas bajas, si los niveles bajan del 19.5 por ciento de oxígeno.

5. Pueden ocurrir tensiones ergonómicas a causa del diseño inadecuado de las herramientas o las áreas de trabajo. Estas pueden provocar incomodidad, estrés mental, pérdida de eficiencia o bienestar para los trabajadores. Aunque las tensiones ergonómicas no sean riesgos en el sentido que se explicó, anteriormente, pueden disminuir la habilidad del trabajador para responder clara y rápidamente a un peligro, y, por lo tanto, deben ser consideradas durante el desarrollo del proyecto. Si el estrés es el resultado de la reacción humana a la monotonía, la fatiga, el movimiento o choques repetidos, se aumenta el potencial de los riesgos y accidentes.

#### **Política, Procedimientos y Pautas del Banco**

6. El Banco publicó, en 1988, el Boletín Técnico 55, Techniques for Assessing Industrial Hazards. Este documento establece las pautas para identificar los peligros potenciales de mayor importancia, en particular, los eventos que incluyen derrames importantes. Este boletín da guía para el análisis de la magnitud del riesgo y el área potencial de impacto (es decir, la distancia de los efectos o límites de los daños).

7. En el Apéndice de Techniques for Assessing Industrial Hazards, el Banco bosqueja sus lineamientos para la identificación, análisis y control de los peligros principales de las instalaciones industriales. Tal como lo describen las pautas del Banco, existiría un riesgo importante bajo las siguientes circunstancias: un escape de sustancias tóxicas, muy

reactivas, explosivas, o inflamables. Los lineamientos enumeran los tipos de instalaciones industriales que representarían riesgos importantes. Además las pautas indican las sustancias y cantidades que pueden causar un peligro mayor. Si existe un peligro importante en un proyecto propuesto para la financiación del Banco, su política requiere una "Evaluación de los Riesgos Mayores".

8. La Evaluación de los Riesgos Mayores debe ser escrita como parte de la preparación del proyecto. Es independiente de la Evaluación del Impacto Ambiental y ésta la debe mencionar. Los objetivos de la Evaluación de los Riesgos Mayores, tales como fueron detallados, anteriormente, son los siguientes:

- identificar la naturaleza y magnitud del uso de las sustancias peligrosas en la instalación;
- especificar las medidas tomadas para la operación segura de la instalación, el control de las divergencias importantes que podrían causar un accidente mayor, y los procedimientos de emergencia a implementarse en el sitio;
- identificar el tipo, probabilidad relativa y consecuencias generales de los accidentes mayores; y
- demostrar que el constructor haya apreciado el potencial de un riesgo mayor a causa de las actividades de la compañía, y que haya considerado si los controles son adecuados.

9. En 1984, el Banco publicó Occupational Health and Safety Guidelines, que analizan las condiciones de las diferentes categorías de sus instalaciones industriales, y hacen un resumen de los riesgos principales para la salud y la seguridad. Estos lineamientos presentan las medidas respectivas de control, capacitación y monitoreo. La política del Banco requiere que, por lo menos, se observen su pautas con respecto a la protección de la salud y la seguridad ocupacional en los proyectos que se benefician de su financiamiento. Se recomienda que un "Plan de Salud y Seguridad" se desarrolle como parte de la preparación del proyecto, dondequiera que exista el riesgo, sea de un derrame importante, o de consecuencias importantes para la salud o la ocupación. Se bosqueja el contenido del Plan de Salud y Seguridad en la presente, bajo "Guía para las Evaluaciones Ambientales".

10. En 1988, el Banco publicó Environmental Guidelines. Estos lineamientos analizan, para una amplia gama de industrias, las diferentes fuentes de desechos que se pueden esperar. El documento analiza las oportunidades para la reutilización y reciclaje de los desperdicios, así como la reducción de los desechos. Asimismo, se estudian los temas de la salud y seguridad ocupacional, según la industria. Si se han especificado los niveles aceptables de descarga de contaminantes, es la política del Banco que dichos niveles sirvan como normas mínimas.

11. En 1989, el Banco publicó el Boletín Técnico 93, The Safe Disposal of Hazardous Wastes. El documento da información que facilita la clasificación de los desechos peligrosos y la evaluación de las técnicas de manejo de los mismos. Además, el documento establece las normas mínimas de diseño (es decir, para la eliminación segura, mediante rellenos, de los desechos peligrosos) que los proyectos tendrán que observar a fin de calificarse para el financiamiento del Banco.

12. Los documentos mencionados, deben ser actualizados regularmente, a medida que se perfeccione el conocimiento actualizado sobre la identificación y manejo de los peligros. Al utilizar estos documentos, se debe hacer contacto con el Departamento Ambiental del Banco a fin de averiguar si existen lineamientos más actualizados. Por otra parte, si los reglamentos locales difieren de las pautas del Banco, el conjunto más estricto de requerimientos prevalecerá en cualquier proyecto con financiación del Banco.

## **Relaciones con las Inversiones del Banco**

13. El tema del manejo de los peligros industriales es pertinente, para los proyectos energéticos, industriales, de explotación minera, de control de contaminación, de transporte y agrícolas.

14. Los riesgos de los proyectos energéticos son los siguientes: peligros de incendio y de materiales tóxicos a causa de derrames de petróleo o fugas de gas, riesgos mecánicos causados por las torres de perforación, el ruido alrededor de los generadores, el peligro físico por la inhalación de la ceniza del carbón y los residuos de petróleo, los materiales tóxicos o corrosivos lixiviados de los montones de carbón o ceniza, los químicos que se emplean en el tratamiento del agua o los efluentes, el agotamiento del oxígeno en los tanques, y la electrocución por el contacto con los conductores cargados.

15. Los proyectos industriales pueden acarrear los siguientes riesgos: los peligros físicos por las piezas en movimiento, la agitación por el trabajo arduo realizado cerca de los hornos, el ruido de la maquinaria, el polvo producido por el esmerilaje o la aserradura, la ruptura de los recipientes presurizados, la explosión a los químicos para el tratamiento del agua o los efluentes, la explosión causada por las reacciones químicas de alta velocidad y los vapores tóxicos producidos por los derrames químicos.

16. Los proyectos de explotación minera pueden producir los siguientes peligros: el riesgo físico por el uso de los explosivos y los equipos de excavación, el polvo producido por la perforación, la voladura y la trituración, el agotamiento del oxígeno, los gases tóxicos de las minas subterráneas y los derrumbes.

17. Los proyectos de control de contaminación pueden crear los siguientes riesgos: la ruptura de los recipientes presurizados (p.ej., tanques de cloro en las plantas de tratamiento de aguas negras, tarros bajo presión que se reciben con los desperdicios sólidos para incineración), explosión o generación de gases tóxicos por la mezcla de desechos incompatibles, liberación de polvos y vapores conteniendo microorganismos patogénicos, durante las operaciones de procesamiento de las aguas servidas y desperdicios sólidos y los gases tóxicos producidos por la eliminación de los desechos sólidos.

18. Los proyectos de transporte pueden incluir los medios que se emplean, normalmente, para cargar, transportar y descargar sustancias peligrosas. Como parte de la evaluación del impacto ambiental, así como de la evaluación de los riesgos mayores de un proyecto de transporte, es necesario estudiar el potencial de un choque o descarrilamiento. Durante un accidente de esta naturaleza existe el potencial de un derrame tóxico, incendio y/o explosión.

19. Los proyectos agrícolas y el control de las plagas, como langostas, crean problemas específicos relacionados con el manejo y almacenamiento, uso y eliminación de pesticidas. En el Sub-Saharah de Africa, ha sido un problema desafiante, para la comunidad donante, la eliminación de los pesticidas no utilizados.

20. El Banco financia proyectos que tienen el amplio rango de peligros industriales potenciales que se mencionaron, anteriormente. En el caso de los proyectos industriales, energéticos o de control de contaminación, el mayor riesgo de los peligros industriales sería el resultado directo del mismo. Para los proyectos de transporte, el riesgo de un peligro industrial, probablemente, sería un impacto indirecto. Mediante la preparación cuidadosa de los proyectos y el cumplimiento estricto de los lineamientos del Banco que se refieren al manejo de los riesgos, se reduciría al mínimo la incidencia de los peligros industriales, y se atenuarían los impactos negativos.

## Guía para las Evaluaciones Ambientales

21. Muchos de los riesgos industriales ocurren como accidentes imprevistos, a causa de las actividades inadecuadas de operación y mantenimiento. Es el papel de la Evaluación del Impacto Ambiental y de la Evaluación de los Riesgos Mayores, hacer resaltar el potencial de estos accidentes, anticipando la peor serie de eventos que podrían provocarse, y preparar planes de manejo y monitoreo a fin de reducir al mínimo los riesgos (para mayor información, ver la Tabla 10.1 al final de esta sección).
22. El borrador de la Evaluación del Impacto Ambiental, así como de la Evaluación de los Riesgos Mayores, deben ser preparados al mismo tiempo que el diseño técnico detallado del proyecto propuesto, y antes de finalizarlo. De esta forma, todos los peligros que se identifiquen en los borradores de las evaluaciones pueden ser tratados durante las últimas etapas del diseño, y la reducción de los impactos será contemplada en las evaluaciones finales.
23. Se reducen y se manejan los peligros industriales mediante el uso de los controles técnicos y administrativos, la protección del personal, la capacitación y planificación relacionada con la salud y seguridad ocupacional, y el monitoreo médico, tal como se analizan a continuación.
24. Los controles técnicos incluyen los siguientes cambios de diseño y operación:
  - (a) **Ubicación.** Las instalaciones que implican el riesgo de colapso estructural, ruptura, incendio o explosión tendrán que ser ubicadas en sitios geotécnicamente estables (p.ej., que tengan un riesgo mínimo de actividad sísmica o hundimiento).
  - (b) **Zonas de Protección.** En base a la naturaleza del peligro potencial (p.ej., bola de fuego, liberación de gases tóxicos, derrame), las instalaciones requerirán una zona de protección de un tamaño adecuado.
  - (c) **Diseño de la Disposición de la Planta.** Dentro de una instalación que incluye peligros industriales, las operaciones unitarias tendrán que ser ubicadas de tal manera que las sustancias incompatibles no estén cerca las unas de las otras (p.ej., las sustancias que causarían una reacción al mezclarse, produciendo calor, incendio, gas, explosión o polimerización violenta). Además, las operaciones incompatibles no deben ser situadas cerca las unas de las otras (p.ej., las operaciones de soldadura no deben estar ubicadas cercad del almacenamiento de los materiales inflamables).
  - (d) **Substitución de los Recursos.** Dentro de las operaciones de procesamiento, substituya el material peligroso por otro que no lo sea. Cambie la forma del material (p.ej., de un gas a un líquido) si ésta será menos peligrosa (p.ej., almacene los gases tóxicos en un solvente adecuado).
  - (e) **Reducir los Recursos.** Se debe reducir al mínimo las cantidades de los materiales peligrosos utilizados, mediante su recuperación y reciclaje dentro de la operación del proceso. Reduzca el inventario de los materiales peligrosos en el almacén. Emplee técnicas de procesamiento más eficientes.
  - (f) **Modificar el Proceso o el Almacenamiento.** Guarde el gas peligroso como un líquido refrigerado, y no bajo presión. Reduzca las temperaturas y presiones del proceso. Cambié los métodos del proceso (p.ej., en vez de pintar por rocío, utilice baños o brochas).
  - (g) **Control de Polvos.** Las medidas para controlar el polvo incluyen el rocío de agua (o una solución con un agente de remojo) en la fuente del polvo, para reducir su

generación. Asimismo, son medidas efectivas de control de polvos, la ventilación, colección y filtración. Se deben aislar las operaciones polvorizadas y/o contenerlas, tanto como sea posible, especialmente, si se tratan de polvos que pueden causar enfermedades pulmonares, como silicosis, una de las enfermedades ocupacionales más comunes en el mundo, que ocurren con más frecuencia en las minas, fábricas de ladrillos, plantas de vidrio, y operaciones de limpieza con chorro de arena. El asma ocupacional es el resultado de una amplia gama de químicos y sustancias naturales, incluyendo isocianuros, ácidos anhídros, caspas, polvo de granos, de algodón y de madera.

- (h) **Control del Acceso.** Se debe limitar el ingreso del personal, permitiendo el acceso al que ha sido capacitado, específicamente, para las condiciones de trabajo que existen dentro del área peligrosa, empleando tarjetas de identificación, cerramientos dobles, servicios de seguridad y barreras.
- (i) **Marbetes.** Todos los interruptores, válvulas, recipientes y operaciones unitarias peligrosos deben ser marcados como tal. Asimismo, se debe identificar las sustancias peligrosas específicas por nombre, y denotar también el tipo de peligro (p.ej., tóxico, reactivo, inflamable, explosivo).
- (j) **Control de la Temperatura.** Puede ser necesario controlar la temperatura del aire en ciertas operaciones a fin de evitar el agotamiento por el calor o el frío. Posiblemente, sea conveniente segregar una operación muy caliente o fría, de las otras, de modo que se reduzca al mínimo el número de trabajadores expuestos.
- (k) **Monitoreo.** Si existe monitoreo alrededor de los peligros potenciales, así como en los linderos de la instalación, se puede detectar, oportunamente, la situación peligrosa. Por ejemplo, mediante el uso de equipos portátiles, o, en forma continua, con equipos permanentes, se debe efectuar, regularmente, el monitoreo de la calidad del aire para detectar vapores orgánicos, niveles de oxígeno, concentraciones de gases combustibles, y/o componentes específicos del aire. Se utilizan los detectores de humo, monitores de calor, detectores de radiación, según el tipo de instalación, para señalar la existencia de un peligro.
- (l) **Paralización.** Hay que proveer los dispositivos manuales y automáticos para la paralización de los sistemas eléctricos y/o operaciones del proceso, de modo que se reduzca al mínimo, la liberación de material peligroso.
- (m) **Contención Secundaria.** Deben haber, según la necesidad, sistemas para contener los derrames, tales como: cortinas de agua para limitar la liberación de gas, diques y barreras portátiles para contener los derrames, equipos de emergencia para recolectar el material derramado, refugios o muros para restringir las explosiones, materiales a prueba de incendios para limitar su propagación, absorbentes o adsorbentes, para los materiales peligrosos, y zonas de protección.

25. Se emplean controles administrativos cuando no sea posible reducir la exposición a niveles aceptables con controles técnicos. Los controles administrativos pueden incluir la reorganización de los horarios de trabajo para reducir la duración de la exposición a los peligros y la transferencia o rotación del personal que haya alcanzado el límite máximo permisible de exposición.

26. Es apropiado que el personal utilice los equipos de protección si trabajan cerca de peligros potenciales. Se basa la selección de la protección en la naturaleza del riesgo, su nivel y/o concentración, la duración de la exposición y la susceptibilidad de las personas específicas a los efectos negativos.

27. Cuando se conoce la naturaleza del riesgo y es rutinario, se puede definir y utilizar, en forma rutinaria, los equipos de protección (p.ej., cascos, guantes contra químicos, respiradores que purifican el aire, zapatos de seguridad, protección para los oídos, lentes de seguridad). En cambio, si la naturaleza del peligro es desconocida (p.ej., si se combinan, casualmente, varios materiales peligrosos, o se descubre un depósito de desechos tóxicos), puede ser necesario emplear los equipos de protección más conservadores (p.ej., trajes herméticos y químicamente resistentes, equipos de respiración autocontenidos) -- y disminuir el nivel de protección solamente después de comprobar que el peligro requiere un nivel más bajo de protección.

28. La protección personal incluye más que solamente ropa especial, lentes, cascos, tapones para los oídos, etc., para proteger el cuerpo del peligro. Los siguientes items también son parte de la protección personal, según la situación: un cuchillo (para la salida de emergencia del traje protector), una lámpara portátil, un monitor personal (p.ej., un dosímetro para radiación, termómetro personal para controlar la fatiga por el calor/frío), arneses y cuerda de seguridad, cinturón de seguridad, transceptor, radiofaro (p.ej., para localizar la víctima del peligro).

29. Es indispensable realizar capacitación de salud y seguridad ocupacional para asegurar que el personal observe las prácticas de operación adecuadas, que reducen los impactos negativos para la salud y la seguridad. Se consideran esenciales las siguientes áreas de conocimiento y experiencia:

- (a) Apreciación de las propiedades (p.ej., inflamabilidad, corrosividad, toxicidad, reactividad) de las sustancias peligrosas, así como los niveles a los cuales representan un riesgo significativo que requiere medidas de protección;
- (b) Consciencia de los indicadores de advertencia oportuna del peligro/riesgo, y la habilidad de reconocer las situaciones potencialmente peligrosas;
- (c) Familiaridad con los controles técnicos a fin de evitar las situaciones peligrosas;
- (d) Familiaridad con las capacidades y limitaciones de la instalación, para afrontar las emergencias peligrosas: sistemas de ventilación, plomería, paralización, dispositivos de contención y procedimientos de respuesta de emergencia, contenidas en los planes apropiados de salud y seguridad;
- (e) Conocimiento del uso y mantenimiento del equipo de emergencia, así como el equipo rutinario para el monitoreo y protección de la salud y la seguridad;
- (f) Conocimiento de los métodos y procedimientos de descontaminación del personal, los equipos y la instalación, después de una posible contaminación química;
- (g) Cursos de repaso y ejercicios regulares que simulan emergencias y los procedimientos apropiados de respuesta de emergencia.
- (h) Familiaridad con la necesidad de depender, continuamente, del sistema de "Camaradas" y aceptación del mismo. En el sistema de Camaradas, se organizan los grupos de trabajo de tal modo, que se designe, para cada empleado que esté expuesto a peligro, por lo menos un trabajador adicional, que estaría listo y capaz de proporcionar ayuda inmediata de emergencia, si fuera el caso.
- (i) Autoridad para actuar, decididamente, según los planes de salud y seguridad, durante las situaciones potencialmente peligrosas, o durante las emergencias,

especialmente, en las que no estén disponibles los supervisores, o éstos sean víctimas de la emergencia.

30. La planificación de la salud y seguridad incluye una evaluación completa de la instalación e identificación de todos los riesgos potenciales. El plan proporciona la siguiente información:

- (a) Definición de todos los riesgos potenciales;
- (b) Implicación para la salud y la seguridad de cada peligro;
- (c) Descripción de las técnicas rutinarias de salud y seguridad (p.ej., inspecciones de salud y seguridad, seguimiento de mantenimiento/repación, en respuesta a las citaciones de inspección, mantenimiento de registros, equipos personales de protección y monitoreo médico);
- (d) Bosquejo de los procedimientos de respuesta de emergencia luego de un peligro mayor (p.ej., estructura de organización del personal clave capacitado para que actúen como respondedores de emergencia, pasos necesarios para poder ingresar y trabajar dentro de la zona de peligro, procedimientos de evacuación, requerimientos de equipo de seguridad, procedimientos de descontaminación, líneas de comunicación, números de los teléfonos de emergencia, mapa de la ruta al centro médico más cercano).
- (e) Procedimientos de seguimiento después de la conclusión de la emergencia.

31. Al definir los peligros potenciales y las implicaciones para la salud y la seguridad que tiene cada riesgo, los países industrializados, como los EE.UU., han actualizado, regularmente, las normas de exposición (es decir, los valores del límite umbral, denominados VLU) en base al conocimiento actual. Por ejemplo, existen valores medios de límites de umbral, ponderados por el tiempo (VLU-PPT) que definen la concentración para un día normal de trabajo de 8 horas, 40 horas por semana, a los cuales se pueden exponer los trabajadores sin causar efectos negativos. Asimismo, hay límites de exposición a corto plazo (llamados LECP), que definen la concentración máxima a la cual un trabajador puede exponerse durante un período de 15 minutos, sin experimentar impactos negativos. (Hay teléfonos internacionales para obtener información acerca de los químicos específicos o las combinaciones de éstos).

32. Si el riesgo está asociado con una área que ha sido contaminada con un derrame importante de material peligroso, o si se trata de una área de desechos tóxicos, el plan de salud y seguridad debe bosquejar el proceso de control del sitio. En base al conocimiento de las distancias seguras, según las condiciones del sitio (p.ej., la dirección del viento y la topografía del lugar), el control del sitio define las zonas de trabajo, y los niveles correspondientes del equipo personal de protección (p.ej., zona de contaminación, zona de descontaminación, y zona de apoyo).

33. Si existe el potencial de que las condiciones peligrosas puedan extenderse más allá de los límites del sitio del proyecto, hasta las propiedades que ocupan los vecinos o animales domésticos, el plan tendrá que incluir los métodos de notificación acerca de la emergencia y, posiblemente, los procedimientos de evacuación. Al inicio de las etapas de planificación de la salud y la seguridad, será necesario designar coordinadores en las comunidades, a fin de capacitarles para que dirijan/coordinen las actividades de respuesta de emergencia dentro de la comunidad, y realicen ejercicios de capacitación y práctica para emergencias.

Es la política del Banco que la comunidad alrededor de una instalación potencialmente peligrosa tiene el derecho de saber cuáles son los peligros que pueden ocurrir y cuáles son los planes que han sido implementados para reducir y manejar el riesgo de estos peligros.

34. Debe haber monitoreo médico de todos los trabajadores que puedan tener contacto con las sustancias o situaciones peligrosas. Se debe realizar un examen médico de línea base al comienzo del empleo, definiendo la condición inicial de salud del trabajador, incluyendo los niveles sanguíneos de los químicos específicos con los cuales puede tener contacto durante el trabajo. El examen de línea base incluye preguntas al trabajador acerca de su historia médica. Se puede determinar, mediante exámenes regulares, (p.ej., anuales) si han ocurrido efectos adversos para la salud que podrían ser atribuidos al trabajo. Es indispensable que el médico haya recibido la capacitación adecuada para reconocer los síntomas/características que podrían señalar la exposición excesiva del trabajador a los peligros.

Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
1. Incendios, explosiones, emisiones de gases tóxicos, vapores, polvo, emisiones de líquidos tóxicos, radiación y varias combinaciones de estos efectos.	1. <ul style="list-style-type: none"><li>• Proveer refugios o muros de protección.</li><li>• Muros cortafuegos/revestir las estructuras con material incombustible</li><li>• Proporcionar rutas de escape para los empleados.</li><li>• Dar capacitación de seguridad y para emergencias para los empleados.</li><li>• Implementar el procedimiento de emergencia dentro y fuera del sitio.</li><li>• Instalar sistemas de advertencia y programas de educación del público.</li><li>• Realizar planificación y capacitación para evacuación.</li><li>• Proveer zonas de protección alrededor de los linderos de la planta.</li></ul>
2. <u>Explosivos</u> : explosión	2. <ul style="list-style-type: none"><li>• Se debe efectuar el almacenamiento y el manejo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.</li><li>• Se deben tomar precauciones especiales contra el robo y los incendios durante la destrucción.</li><li>• Deben ser aplicados los siguientes reglamentos generales:<ul style="list-style-type: none"><li>• El alumbrado del área de almacenamiento debe ser natural o con lámparas aprobadas.</li><li>• Se debe utilizar lámparas a prueba de vapor y el interruptor debe estar fuera del edificio.</li><li>• Deben ser usadas solamente las herramientas de madera u otro material no metálico.</li><li>• Las cajas de explosivos no deben apilarse en montones de más de 6 pies de altura.</li></ul></li></ul>

**Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
3. <u>Materiales Inflamables</u> : peligro de incendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las cajas de explosivos deben almacenarse con el lado superior hacia arriba, de modo que los cartuchos estén en posición horizontal.</li> <li>• Deben ser virados, regularmente, porque esto ayudará a prevenir su deterioro.</li> </ul> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe almacenarlos en lugares que sean suficientemente frescos para evitar el encendido casual, en el caso de que los vapores de los materiales inflamables se mezclen con el aire.</li> <li>• El lugar de almacenamiento debe tener adecuada ventilación, de modo que cualquier fuga de vapor de los recipientes pueda diluirse lo suficiente, evitando, de esta manera, que una chispa los pueda encender.</li> <li>• Hay que situar el área de almacenamiento lejos de las áreas de peligro de incendio (por ejemplo, donde se realice el oxicorte de metales).</li> <li>• A los materiales susceptibles al calentamiento espontáneo (los explosivos o materiales que reaccionan con el aire o la humedad para producir calor), manténgalos lejos de los agentes oxidantes poderosos.</li> <li>• Proporcionar equipos contra incendios.</li> <li>• Prohibir los cigarrillos y calefactores de filamento desnudo.</li> <li>• El, área de almacenamiento deberá tener una conexión a tierra, y equipos de detección de humo o incendios.</li> </ul>

Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
4. <u>Agentes Oxidantes</u> : peligro de incendio	4. <ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenarlos lejos de los líquidos que tengan un punto de inflamación bajo (inflamables).</li><li>• Mantenga fresca y ventilada el área.</li><li>• Guarde el combustible en un lugar apartado.</li><li>• El área debe ser incombustible.</li><li>• Nota: Los equipos normales contra incendios son de poca utilidad, porque el efecto sofocante de los extinguidores de incendios es menos efectivo debido a que los oxidantes suministran su propio oxígeno.</li></ul>
5. <u>Materiales Sensibles al Agua</u> : producen calor o gases inflamables o explosivos, al tener contacto con el agua, el vapor o una solución acuosa.	5. <ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenar en un lugar seco y fresco.</li><li>• Como también muchos de estos materiales son inflamables, es esencial que no se utilice ningún sistema de rocío automático en el área de almacenamiento.</li><li>• Esta área no debe tener ningún contacto con el agua.</li><li>• La calefacción puede efectuarse con electricidad o aire caliente y seco.</li><li>• El edificio de almacenamiento deberá ser impermeable, estar en tierra alta y ha de ser independiente de los otros lugares de almacenamiento.</li><li>• Se debe dar especial atención a lo siguiente:</li></ul>

Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
6. <u>Materiales Sensibles a Ácidos o Vapores de estos</u> : producen calor, hidrógeno y gases inflamables y/o explosivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la formación de bolsas de gases livianos debajo del techo;</li> <li>• la introducción de fuentes de encendido;</li> <li>• inspección periódica;</li> <li>• sistemas automáticos de detección;</li> <li>• alarmas en el caso de que se produzcan concentraciones peligrosas de gases inflamables.</li> </ul> <p>6. • No se debe almacenar ácidos junto a estos materiales (por ejemplo, ácidos en galpones de aleados estructurales).</p> <p>• Si se utilizan metales en la construcción, deben ser pintados o tratados para volverlos inmunes al ataque del ácido.</p> <p>• Se debe mantener el área fresca, con buena ventilación e inspeccionarla periódicamente.</p> <p>• Se deberá mantener alejadas las fuentes de encendido.</p>
7. <u>Almacenamiento Presurizado de Fluidos Inflamables</u> : al tener contacto con el fuego, puede producirse una “Explosión de Líquido Hirviente y Vapor Expandiente” (ELHVE).	<p>7. • Los tanques deben almacenarse en sentido vertical y deben sujetarse a algún apoyo substancial, con cadenas u otro medio resistente, para reducir el riesgo de que vayan a caerse, rompiendo o forzando la válvula u otra parte del tanque.</p> <p>• El área de almacenamiento de los tanques ha de mantenerse fresco, fuera de los rayos directos del sol, y alejado de los tubos calientes.</p> <p>• Debe haber un sistema (rociadores) para enfriar los tanques en caso de un incendio interior o exterior.</p>

Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al manejar los tanques, hay que tener cuidado de no lastimarlos.</li> <li>• Se deberá operar las válvulas con cuidado, y mantenerlos en buenas condiciones.</li> <li>• No se deben golpear los robinetes de las válvulas.</li> <li>• Hay que desalentar todo manipuleo de los tanques.</li> </ul>
8. <b>Materiales Tóxicos:</b> causan peligros graves (muerte o daños graves para la gente o el medio ambiente).	<p>8.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario reducir los inventarios en almacenamiento y en proceso.</li> <li>• Se puede modificar las condiciones del proceso o almacenamiento (p.ej., almacenar y procesar los gases tóxicos en un volumen grande de material portador).</li> <li>• Almacenar el gas peligroso como líquido refrigerado y no bajo presión.</li> <li>• Mejore el equipo de paralización y contención secundaria, ya que esto reducirá la cantidad que se escapará de la contención o del sitio.</li> <li>• La paralización automática reducirá la cantidad de material que se escapa de la contención:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• las cortinas de agua limitarán la liberación de gas;</li> <li>• los diques (o terraplenes) reducirán el derrame de líquido.</li> </ul> </li> </ul>
9. <b>Materiales Corrosivos:</b> destruyen los recipientes, y reaccionan para producir gases tóxicos al tener contacto con sustancias como cianuros y arseniuros.	<p>9.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenga el área de almacenamiento o procesamiento fresco y ventilado para evitar la acumulación de vapores.</li> </ul>

**Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenga los recipientes cerrados y marcados.</li> <li>• Pinte todo el metal desnudo que exista alrededor de este lugar de almacenamiento y revíselo, periódicamente, para detectar su debilitamiento debido a la corrosión.</li> <li>• Manténgalos apartados de los materiales que, al tener contacto, podrían producir vapores altamente tóxicos.</li> <li>• Se debe proveer instrucciones y proporcionar un agente neutralizador específico para ser utilizado en caso de un derrame, fuga o accidente mayor.</li> </ul>
<b>Indirectos</b>	
<p>10. • Los trabajadores experimentan efectos ocupacionales para la salud, debido al polvo fugitivo, el manejo de materiales, el ruido y las otras operaciones del proceso.</p> <p>• La frecuencia de los accidentes es más alta que lo normal debido al nivel de destreza o la mano de obra.</p> <p>11. Se complica el problema regional de los desperdicios sólidos debido a la falta de medios adecuados para su almacenamiento en el sitio, o para su eliminación definitiva.</p>	<p>10. • La planta debe implementar un Programa de Seguridad y Salud, que cumpla los siguientes propósitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los riesgos para la salud;</li> <li>• proveer capacitación adecuada.</li> </ul> <p>11. • Planificar las áreas adecuadas de eliminación de desechos dentro de la instalación, suponiendo que se conozcan las características peligrosas del líquido lixiviado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante la fase de diseño, incluir los medios adecuados para la eliminación definitiva de los desechos.</li> </ul>

**Tabla 10.1 Manejo de Riesgos Industriales (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Indirectos (continuación)</b>	
12. Se interrumpen los modelos de tráfico, se crea ruido y congestión, y se producen peligros para los peatones debido al movimiento de los camiones pesados que transportan la materia prima a la instalación o procedente de ésta.	12. • La selección del sitio puede atenuar parte de estos problemas.  • Durante la etapa de factibilidad del proyecto, se deben preparar estudios especiales del sector de transporte, con el fin de seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.  • Al reglamentar los transportistas y diseñar los planes de contingencia para emergencias, se puede reducir el riesgo de accidentes.

## **MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS**

1. La posición formal del Banco con respecto a la eliminación de los desechos peligrosos fue expresada por el Presidente, el 10 de julio de 1988. El envío internacional de los desechos tóxicos -- especialmente, desde los países industrializados a las naciones en desarrollo, para eliminación -- representa una amenaza, no solamente para el medio ambiente de los países receptores, sino también para los océanos del mundo y la salud de la comunidad global.
2. El peligro se agrava, porque los productores de los desechos tóxicos encuentran que es más barato y fácil exportar estos productos, que cumplir con los reglamentos nacionales que controlan su manejo y eliminación. Más allá del riesgo de accidentes durante el transporte, existe un peligro cada vez más grave en la práctica de enviar los desperdicios tóxicos a las naciones en desarrollo, con sus limitaciones financieras, porque no pueden manejar con seguridad, los desechos que se generan o se almacenen dentro de sus fronteras.
3. No es responsable, desde el punto de vista ambiental, ubicar una operación industrial que produce desechos peligrosos, en un sitio donde no existe ningún medio efectivo para su eliminación. En el caso extremo, esto significa que ciertos subsectores industriales, posiblemente, no sean adecuados para ciertas regiones. A menudo, el problema es institucional, y el sitio podría ser aceptable, condicionalmente, si el desarrollo propuesto fuera acompañado por un compromiso gubernamental para planificar y proporcionar transporte, tratamiento y eliminación de los desechos tóxicos.
4. El Banco Mundial está comprometido al desarrollo sustentable -- el desarrollo a largo plazo que se basa en el manejo efectivo de los recursos naturales y humanos. En vista del creciente peligro para el medio ambiente, que representan los envíos internacionales no reglamentados de desperdicios tóxicos, y a la luz de sus propias preocupaciones fundamentales por la protección ambiental de los países en desarrollo, la posición del Banco Mundial con respecto al manejo, envío y eliminación de los desechos tóxicos o peligrosos es la siguiente:
  - (a) No se debe arriesgar los océanos, ni ningún país en desarrollo, debido a la descarga, transbordo, o eliminación de desechos tóxicos o peligrosos que se producen en un país y se transportan a otro.
  - (b) Se deberá prohibir estricta y completamente las descargas al océano. Si se utiliza el envío internacional de los desperdicios tóxicos, esto deberá efectuarse solamente con el consentimiento informado y previo de las autoridades gubernamentales competentes; y después de la certificación aceptable de que el modo de transporte utilizado cumpla con los convenios y normas internacionales, y que el envío vaya a pasar por instalaciones seguras hasta llegar a los sitios de almacenamiento y eliminación que sean apropiados y ambientalmente solventes, y manejados por operadores experimentados, responsables y certificados, y bajo garantías adecuadas de monitoreo.
5. Estos temas de importancia internacional requieren una respuesta decidida y cooperativa. El Banco reconoce las preocupaciones declaradas de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), la Organización de Unidad Africana (OUA), y los esfuerzos internacionales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a fin de establecer los arreglos de gobierno a gobierno para prohibir o controlar la eliminación de los desechos tóxicos y/o peligrosos. El Banco Mundial está listo para cooperar con la comunidad internacional y los gobiernos nacionales en el desarrollo de normas y códigos de práctica claros que aseguren que el manejo de los desechos peligrosos sea ambientalmente solvente.

6. Dentro del marco de las políticas y operaciones crediticias del Banco, no se financiará ningún proyecto, en ningún país prestatario, que incluya la eliminación de desechos peligrosos o tóxicos de otro país; tampoco se financiará el envío de desechos peligrosos o tóxicos a ningún país en desarrollo para eliminación. El Banco aprueba, firmemente, los esfuerzos nacionales e internacionales por desarrollar normas y códigos ambientales que sean apropiados para el transporte, transferencia, almacenamiento y eliminación seguros de los desperdicios peligrosos o tóxicos, y continuará apoyando los esfuerzos de los países prestatarios, orientados a la construcción o fortalecimiento de sus propias instalaciones domésticas para el manejo efectivo de los desechos mediante el reciclaje, recuperación, reprocesamiento y eliminación segura.

### **Asbesto en los Proyectos Financiados por el Banco**

7. El Banco reconoce que el asbesto es una sustancia peligrosa. Cada vez más, el Banco prefiere evitar el financiamiento del uso del asbesto. Esta preferencia será actualizada a medida que la ciencia progrese. Por eso, si existe cualquier mención de asbesto en los proyectos ayudados por el Banco, el Director de Trabajo tendrá que ejercer especial cuidado.

8. Los riesgos principales para la salud humana, y los aspectos de seguridad ocupacional que se relacionan con los productos de asbesto se encuentran bien documentados en la literatura que se ha citado. Se está acumulando evidencia científica que demuestra que la exposición prolongada al asbesto es altamente carcinogénica, pero las perspectivas de algunos trabajadores pueden mejorar si se reduce, posteriormente, la exposición. El umbral bajo el cual la exposición no implica riesgo es bajo, pero no es conocido con precisión.

9. Históricamente, el Banco no ha financiado, en forma directa, la explotación de asbesto. Dado el peso actual de la opinión científica, el Banco prefiere no financiar la fabricación, ni el uso de productos que contienen asbesto. Esta preferencia se relaciona con el riesgo. Por una parte, es mucho más probable que el Banco se niegue a financiar el asbesto cuando se lo utilice seco, o en el aire, donde pueda representar un riesgo para la gente, por ejemplo en los techos de las escuelas. Por otra parte, esta preferencia es menos categórica si el producto que se utiliza es húmedo, estable y está bajo tierra, como los tubos de aguas servidas.

10. Si va a haber alguna excepción para esta preferencia, es la obligación de los proponentes del proyecto y el Director de Trabajo, justificar la renuncia en el momento de preparar el Resumen Ejecutivo Inicial del Proyecto, o muy pronto después de eso, caso por caso. Los criterios que deberán ser considerados antes de implementar estas renunciaciones, incluyen los aspectos económicos de las alternativas y la magnitud de los riesgos. Es la obligación de los proponentes demostrar la no disponibilidad de las alternativas, en parte porque al aceptar el uso de los tubos de alcantarilla de asbesto cemento de más bajo riesgo, esto significa algún incentivo para la fabricación y explotación de asbesto, lo que acarrea riesgos más altos y, además, están fuera del control de las normas del proyecto.

11. Posiblemente estará disponible una evaluación de riesgos ligada al mejor estimado de la toxicidad de los diferentes productos y emisiones, para poder aplicarla a los costos diferenciales de oportunidad de los diferentes lugares. En el caso de los peligros intermedios, las políticas de incentivos del mercado pueden ser más importantes que los controles cuantitativos. Los Directores de Trabajo deben verificar el estado de esta política de cartera antes de pedir una renuncia. Con respecto a este tema y cualquier ampliación necesaria, se debe hacer contacto con los Departamentos de Medio Ambiente y de Industria, y los asesores de Ciencia y Tecnología, y Salud.

12. El Banco no promueve la demolición prematura de ninguna estructura existente que contenga asbesto, especialmente, si se trata de asbesto seco y no ligado. El Banco está preocupado, no solamente por el asbesto anfíbol, sino también el crisotilo y serpentino. La evidencia reciente (Anderson 1991) demuestra que el asbesto blanco (crisotilo) también causa cáncer incurable (mesotelioma) que puede no aparecer sino 30 o 50 años después de la

exposición. El Banco está particularmente preocupado por evitar la exposición humana a las formas anfíboles del crocidolita o "asbesto azul". La evidencia científica demuestra que éste aumenta los riesgos de salud para los demolidores y el público. Si bien puede ser posible demoler estas estructuras y los riesgos sean aceptablemente bajos, esto, probablemente, no se aplicará a los países en desarrollo. El Banco tampoco alienta la reposición prematura de los tubos de asbesto cemento de agua fría, porque los riesgos incurridos al tomar esta agua son bajos en comparación con los riesgos de inhalación.

13. El Banco está dispuesto a considerar la financiación de lo siguiente: (a) alternativas para los productos de asbesto, (b) monitoreo y evaluación de los riesgos para la salud causados por el asbesto, (c) medidas de reducción de riesgos en las estructuras existentes que contienen asbesto, incluyendo el mantenimiento de los edificios, (d) eliminación segura de las sustancias que contienen asbesto, y (e) educación, capacitación y medidas de seguridad.

## **UBICACION DE PLANTAS Y DESARROLLO DE PARQUES INDUSTRIALES**

1. Históricamente, se han escogido los sitios para las plantas industriales, estaciones termoeléctricas, plantas municipales de tratamiento de aguas servidas, sistemas de manejo de desechos sólidos e instalaciones similares, en base a los factores económicos y técnicos, incluyendo los siguientes: terreno favorable, fuentes de energía, transporte y mano de obra, ubicación y magnitud de los mercados o áreas de servicio, impuestos y aranceles, y la disponibilidad de los servicios públicos y otros de apoyo que son esenciales para la operación exitosa de una planta. Ha evolucionado, últimamente, la selección de sitios para la industria, e incluye consideraciones en cuanto al ambiente natural y social, y la aceptación de las comunidades que pueden ser afectadas, sea positiva o negativamente.

2. La meta de crecimiento industrial ya no es suficiente, como la única justificación de la construcción de una fábrica en un sitio dado. Una de las razones para el cambio es el mayor conocimiento acerca de los efectos para la salud pública, y la experiencia con la degradación del aire, el agua y la tierra que puede ocurrir si no existe una planificación sólida de las áreas industriales. Otra es la falta de voluntad de las comunidades para tolerar las alteraciones en la forma de ruido, tráfico, olores y la presencia física de las grandes instalaciones. De igual importancia, por lo menos, es la conciencia del público de los peligros que representan muchas operaciones industriales, que ha sido acentuada por los desastres en Bhopal y Chernobyl, que recibieron amplia publicidad.

3. Al mismo tiempo, la industria ha ganado experiencia con los costos de las operaciones rutinarias de control de contaminación y eliminación de desechos, respuesta a los accidentes y actividades de limpieza. En los países donde se ejecutan las normas ambientales, el control de la contaminación representa un costo conocido e importante. Hay la tendencia de incluir el aspecto económico en la toma de decisiones de las compañías cuando buscan nuevos sitios para las plantas, y los lugares que tienen fragilidades ambientales especiales que requieren medidas extraordinarias para proteger su calidad ambiental, se vuelven menos atractivos, económicamente. En cambio, los parques industriales preplanificados, con sistemas de tratamiento y eliminación de desechos y la otra infraestructura necesaria, ofrecen importantes ventajas.

4. En consecuencia, es cada vez más común la práctica de requerir la aprobación gubernamental previa de los sitios para las industrias que causan impactos que son, potencialmente, negativos. La India, por ejemplo, comenzó, en 1988, a requerir la aprobación del Consejo Estatal de Control de Contaminación respectivo, antes de permitir la selección de un sitio para una planta, en vez de esperar hasta que esté lista para iniciar sus operaciones. El Ministerio de Industria de la India ha establecido un procedimiento formal para la selección de sitios para las industrias muy contaminantes. (Geethkrishnan 1989). Recientemente, Indonesia comenzó a obligar a las industrias a que realicen un análisis

ambiental de las nuevas instalaciones propuestas. En el caso de identificar impactos significativos, la empresa deberá realizar una evaluación de impactos completa antes de que pueda recibir una licencia del Ministerio de Industria o el Consejo de Coordinación de Inversiones.

5. Existe la tendencia de integrar la determinación de la idoneidad del sitio al proceso global de control de la contaminación/manejo del medio ambiente. En esencia, muchas agencias que son responsables para el control de la contaminación, y aún algunas de las que existen principalmente para promover el desarrollo industrial, han estado persiguiendo el mismo objetivo que se articula en la Directiva Operacional sobre Evaluación Ambiental (párrafo 4): "la estrecha integración de la Evaluación Ambiental con...otros aspectos de la preparación de proyectos" de modo que "se dé a las consideraciones ambientales la importancia que se merecen durante la selección, ubicación y diseño de los proyectos...."

## **La Práctica de la Selección de Sitios Industriales**

### **Procedimientos Generales**

6. Si bien existen diferentes metodologías para la selección comparativa de sitios, hay siete elementos básicos comunes:

- (a) Una lista corta de los sitios potenciales (puede incluir los sitios preferidos así como alternativos);
- (b) Descripción de cada sitio en términos de las fragilidades ecológicas y socio-culturales;
- (c) Análisis de la capacidad de cada sitio para asimilar impactos en términos de un conjunto común de criterios para la prevención de la degradación de los recursos naturales y socio-culturales;
- (d) Eliminación de los sitios que tengan serias limitaciones ambientales;
- (e) Descripción, para los sitios restantes, de las medidas necesarias para evitar o atenuar los impactos y cumplir con las normas ambientales, incluyendo la consideración de la factibilidad técnica e institucional, confiabilidad y costo a largo plazo;
- (f) Consulta con las comunidades afectadas;
- (g) Clasificación de las alternativas y selección del sitio propuesto.

Dependiendo de los reglamentos del país y la naturaleza de la industria, el proceso de selección del sitio puede llevarse a cabo dentro del contexto de una Evaluación Ambiental, o como un análisis más específico, bajo el procedimiento de la solicitud de la licencia o permiso.

7. Se pueden "preseleccionar" los sitios, también, sea como parte de un proceso de planificación y zonificación que limita el rango de alternativas a las áreas designadas para la industria, o bajo las políticas de desarrollo que tratan de ubicar el desarrollo industrial dentro de los parques respectivos. Si la planificación, zonificación y ubicación del parque industrial se basa en criterios ambientales, puede no haber ninguna necesidad de análisis adicional del sitio, o los estudios que se requieren pueden limitarse a ciertos temas, como la necesidad de pretratamiento de las aguas servidas de la planta propuesta. Sin embargo, a menudo, es verdad que solamente los criterios de la factibilidad económica y técnica se utilizan como la base para identificar las áreas de desarrollo industrial. En este caso, no hay

ninguna garantía de que se cumplan los objetivos ambientales. Se debe efectuar la evaluación ambiental de los posibles sitios.

8. En el caso de la expansión propuesta de los medios de producción en el sitio actual, es importante evaluar el sitio en base a los efectos combinados de las operaciones existentes y las nuevas. Posiblemente, algún aspecto único del nuevo proceso hará que el sitio sea indeseable, o las medidas necesarias para manejar el impacto total pueden ser tan costosas que un nuevo sitio sería preferible. El mismo concepto se aplica a la ubicación de una nueva planta en un área ya industrializada. El incremento en las emisiones atmosféricas cumulativas, por ejemplo, puede hacer que el sitio sea inaceptable para la instalación propuesta.

### **Subsectores Industriales Críticos**

9. La selección del sitio no es el aspecto crítico para todos los subsectores industriales. Sea debido al tamaño reducido, o el tipo de operación, o ambos, hay plantas que tienen poco potencial para causar un impacto negativo en el ambiente natural o sociocultural. Indonesia toma esto en cuenta con un procedimiento de Evaluación Ambiental de dos niveles. Todas las empresas que solicitan licencias deberán realizar una evaluación preliminar. Actividades para las cuales se identifiquen impactos potencialmente severos, requerirán que se realice una evaluación de impacto completo. La India ha optado por un enfoque alternativo. El Ministerio de Industria publica la lista de unos veinte subsectores que requieren una autorización ambiental formal del gobierno estatal antes de la selección de los sitios. Algunos ejemplos son: industrias metalúrgicas primarias, pulpa y papel, pinturas, curtido de cuero, baterías, caucho sintético, cemento y electrodeposición. Las instalaciones grandes tendrían la obligación de realizar Evaluaciones del Impacto Ambiental según los reglamentos del Ministerio del Medio Ambiente y Bosques de la India (GeethKrishnan 1989).

### **Criterios para la Selección de los Sitios**

10. Se deben comparar y seleccionar los sitios en base a un conjunto completo de criterios. A veces, pueden existir ya, criterios de selección de sitios en la forma de reglamentos y lineamientos gubernamentales. Donde no existan en esta forma, pueden ser derivados de varias fuentes, a fin de utilizarlos en el proyecto. Los criterios pueden ser implícitos en la planificación y zonificación, como base para determinar su idoneidad para uso industrial. Las leyes o reglamentos que protegen ciertas áreas o recursos frágiles sirven como restricciones, y deben ser incorporados a los criterios que se emplean para la selección del sitio. Hay criterios que representan buenas prácticas para ciertas industrias. Finalmente, hay los principios generales para la planificación del uso de las tierras que son ambientalmente frágiles.

11. Continuando con el ejemplo de la India, el Ministerio de Medio Ambiente y Bosques ha recomendado lineamientos que tratan los siguientes puntos: (a) las áreas que deben ser evitadas y (b) los requerimientos ambientales para los sitios industriales. Los ejemplos se dan a continuación(GeethKrishnan 1989):

- (a) El sitio industrial estará, por lo menos, a las siguientes distancias de los lugares que se enumeran:
  - 25 km de las áreas ambientalmente o de otra manera frágiles (los ejemplos incluyen los sitios religiosos e históricos y monumentos arqueológicos, áreas pintorescas, playas, áreas costaneras y esteros que sean criaderos importantes, parques nacionales y santuarios, lagos naturales y pantanales, y asentamientos tribales);
  - 0.5 km de la línea de la marea alta en las áreas costaneras;
  - 0.5 km de los límites naturales o modificados de la planicie de inundación;

- 25 km del límite de crecimiento proyectado de las ciudades grandes (población de 3 millones o más).
- (b) Los siguientes son ejemplos de los requerimientos ambientales relacionados con el uso industrial de los sitios específicos:
- no puede haber conversión de bosques a otra actividad no forestal para sostener la industria;
  - no puede haber conversión de la mejores tierras agrícolas para el uso industrial;
  - ha de haber suficiente espacio en el sitio para el almacenamiento de los desechos sólidos y el tratamiento apropiado y reutilización de las aguas servidas;
  - debe haber un "cinturón verde" de 0.5 km de ancho alrededor del sitio;
  - debe adaptarse la instalación propuesta al paisaje, de modo que el desarrollo no altere los aspectos pintorescos del lugar.

12. Posiblemente, las pautas de la India no sean aplicables en todos los países, pero demuestran los tipos de consideraciones que los gobiernos están exigiendo para la selección de los sitios industriales. Los siguientes son ejemplos de otros factores que podrían incluirse en la lista de las características que prohíben la selección de un sitio en particular para uso de una industria que sea muy propensa a producir contaminación (dependiendo de la naturaleza de la industria):

- (a) Si se trata de una área que recarga un acuífero que es utilizada, actualmente, para agua potable, o si existe la posibilidad de que sea utilizado en el futuro, o si se trata de una área de captación de agua para un reservorio público de agua potable;
- (b) Si las aguas que las reciben no pueden absorber las aguas negras sin que se degrade su calidad, a pesar del tratamiento adecuado;
- (c) Si la zona climática tiende a experimentar períodos de insalubridad del aire;
- (d) Si se trata del habitat de una especie en peligro de extinción;
- (e) Si el sitio (o los caminos de acceso) están cerca de instituciones cuyo uso de la tierra sea incompatible -- p.ej., centros de salud, escuelas, áreas residenciales;
- (f) Si no existe ninguna capacidad regional para eliminar los desechos peligrosos (si la industria los produce).

13. Hay otros factores que, normalmente, no excluyen el sitio de la consideración, pero representan áreas de impacto potencial y deben ser tomados en cuenta para la clasificación de los sitios alternativos:

- el número de residentes que serían desplazados;
- el número de propiedades que serían afectadas o expropiadas;
- la distancia al lugar más cercano donde se haga uso no industrial de la tierra; y
- compatibilidad de las aguas servidas con el sistema local de recolección y tratamiento, si existe.

### **Relación con la Evaluación Ambiental**

14. Una de las áreas donde la Evaluación Ambiental puede ser más efectiva es la de la selección del sitio para la planta, pero, únicamente, si se inicia el proceso de evaluación

antes de finalizar el proceso de seleccionar las opciones. Los proyectos complejos de desarrollo industrial y las instalaciones similares que tienen el potencial para causar un impacto ambiental significativo, no pueden ser manejados mediante la aplicación simple de los criterios de selección del sitio. Estos proyectos requieren una Evaluación Ambiental completa. Esta debe comenzar mucho antes de tomar la decisión en cuanto a la selección del sitio, de modo que se pueda considerar las alternativas reales. Al identificar los impactos potenciales asociados con cada lugar, y al comparar los sitios sobre esta base, salen a la luz, muy oportunamente, las cuestiones ambientales, y esto permite que los planificadores y diseñadores del proyecto puedan aprovechar al máximo todas las formas posibles de evitar los impactos. En el caso de los impactos que no pueden ser evitados y que sean aceptados como parte de los costos del desarrollo, se presenta la oportunidad de seleccionar un sitio alternativo y, como resultado, la eficiencia de las medidas tomadas para atenuar los impactos puede ser más alta y los costos de las mismas, más bajos, de lo que habría sido, de otra manera. Además, la Evaluación Ambiental oportuna ayuda a evitar las interrupciones, demoras y costos adicionales que ocurren cuando es necesario cambiar de sitio debido a cuestiones ambientales, o la falta de aceptación del público, que salen a la luz durante el diseño final.

## **Consideraciones Especiales de la Selección de los Sitios para las Plantas Industriales**

### **Capacidad de Absorción del Medio Ambiente**

15. El ejemplo obvio de esta falta de consideración por la capacidad de absorción, es la ubicación de una fábrica (p.ej., de pulpa) donde el caudal del río que recibe las aguas servidas sea temporal o permanentemente menor que la cantidad de efluente. A menos que las aguas servidas puedan ser tratadas (o enfriadas, si se trata de agua de enfriamiento) para que su calidad sea igual o mejor que la de las aguas que las reciben, es inevitable que se altere el ecosistema acuático. Este tratamiento, en caso de que sea factible, probablemente será extremadamente costoso. Al haber optado por un sitio alternativo, cuyas aguas de recepción sean capaces de aceptar el efluente luego de su tratamiento adecuado, sin sufrir mayor degradación, podría significar que los costos sean inferiores durante la vida de la planta. Puede ser el mismo caso donde el suministro de agua sea limitada o las condiciones meteorológicas (p.ej., inversiones atmosféricas frecuentes) requieran que las medidas de tratamiento de los desechos sean muy rigurosas.

16. Otro aspecto es la capacidad del medio ambiente para absorber los resultados de las operaciones no rutinarias, como, por ejemplo, alteraciones en el proceso, falla de los sistemas de control de contaminación, y derrames casuales. Al estar muy cerca de una área natural frágil o un asentamiento humano, pueden ser necesarias medidas extraordinarias para prevenir o contrarrestar estos eventos.

### **Area de Influencia**

17. Dependiendo del tipo de planta y el medio que está bajo consideración (el aire, el agua, las plantas, los animales, las comunidades humanas), el área donde se siente la influencia del proyecto puede extender mucho más allá del sitio y sus alrededores inmediatos. En la selección del sitio, se deberán considerar los factores como el efecto que puede haber sobre la disponibilidad del agua en el punto de remoción, o su calidad a distancia aguas abajo del punto de descarga. Son relevantes a grandes distancias las características de los recursos naturales y los usos de la tierra de la zona climática a favor del viento, así como los impactos ambientales en las vías de comunicación. Si el proyecto va a causar desarrollo secundario que variaría según la selección del sitio (p.ej., plantas de asfalto en las canteras, ferrocarriles o carreteras nuevos, instalaciones portuarias, o poliductos nuevos, viviendas para los trabajadores, sitios de reasentamiento), las áreas de captación de

agua y las zonas climáticas deben ser tomadas en cuenta en la decisión sobre la selección del sitio.

### **Capacidad de la Respuesta de Emergencia**

18. De la misma manera, es irresponsable ubicar una planta industrial en un sitio donde represente un riesgo significativo para las comunidades vecinas, o los sistemas naturales frágiles de los alrededores, donde sea imposible manejar una emergencia de tal manera que se eviten los daños o un desastre. Si no es posible diseñar un plan de acción que permita estar razonablemente seguro de su efectividad (incluyendo las provisiones para evacuación de emergencia, si el tipo de instalación lo merece), se debe escoger otro sitio. De no existir medios de comunicación y respuesta de emergencia, es imposible manejar los riesgos. Constituyen riesgos inaceptables los caminos y ferrocarriles inseguros, o los camiones y trenes dudosos, si se utilizan para transportar materiales peligrosos por las áreas residenciales. La falta de una zona de separación entre el almacenamiento de los materiales peligrosos o la planta de procesamiento, y las comunidades o sistemas naturales frágiles (áreas de desove de los peces, por ejemplo) crea una situación en la que ni la advertencia, ni la contención serán lo suficientemente oportunas para prevenir los daños.

19. Se pueden superar algunas de estas limitaciones, si el proyecto incluye componentes de manejo de riesgos. Se puede fortalecer la capacidad de respuesta del gobierno local, proporcionando equipos y capacitación. Los medios de transporte pueden ser mejorados, o se pueden construir rutas alternativas para llegar al sitio. Sin embargo, algunas de las dimensiones del problema de respuesta de emergencia pueden ser resueltos, únicamente, mediante una selección cuidadosa del sitio. Existe mayor información sobre este tema en la sección sobre "Manejo de Riesgos Industriales".

### **Desarrollo Inducido**

20. Las oportunidades de empleo son imanes que atraen a los trabajadores e impulsan el crecimiento de las comunidades locales. Especialmente al inicio del crecimiento industrial, la comunidad puede experimentar el desarrollo inducido de la tierra, y estar mal preparada para manejar los impactos. Estos incluyen la sobrecarga de la infraestructura y servicios municipales, y los conflictos culturales entre los residentes antiguos y los trabajadores inmigrantes. Hay que dar especial atención a la prevención de los asentamientos no planificados junto a las puertas de la fábrica. El fortalecimiento institucional del gobierno local y la participación de las comunidades locales en la preparación del proyecto, son maneras efectivas de reducir estos impactos negativos. Hay más información sobre este tema en la sección "Desarrollo Inducido".

### **Participación de la Comunidad en la Selección del Sitio para la Planta Industrial**

21. Es mucho menos común que participe la comunidad en la decisión acerca de a la selección del sitio para una industria privada, que para un proyecto de inversión pública; sin embargo, es obligatoria si existe financiamiento de parte del Banco. En general, las empresas que han tenido la participación oportuna de los residentes locales en las decisiones que les pueden afectar, aún en el caso de proyectos contenciosos, la han encontrado útil. Si se efectúa correctamente, conduce a un mejor entendimiento mutuo, y puede servir de base para fomentar relaciones comunitarias productivas, en vez de protesta. La Directiva Operacional sobre Evaluación Ambiental manifiesta la esperanza del Banco de que sean tomadas en cuenta, para el diseño y la implementación de los proyectos, las opiniones de los grupos afectados. Es excelente comenzar con el proceso de la selección del sitio. (Ver el Capítulo 7, para obtener guía en cuanto a la participación de la comunidad.)

## **SISTEMAS DE TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA**

1. Los sistemas de transmisión de energía eléctrica incluyen la línea de transmisión, el derecho de vía, las playas de distribución, las subestaciones, y los caminos de acceso o mantenimiento. Las estructuras principales de la línea de transmisión son la línea misma, los conductores, las torres y los soportes (p.ej., vientos).
2. El voltaje y la capacidad de la línea de transmisión afectan el tamaño de estas estructuras principales. Por ejemplo, la estructura de la torre varía directamente según el voltaje requerido y la capacidad de la línea. Las torres pueden ser postes simples de madera para las líneas de transmisión pequeñas hasta 46 kilovoltios (kV). Se emplean estructuras de postes de madera en forma de H, para las líneas de 69 a 231 kV. Se utilizan estructuras de acero independientes, de circuito simple, para las líneas de 161 kV o más. Es posible tener líneas de transmisión de hasta 1.000 kV.
3. Las líneas de transmisión pueden ser pocos o cientos de kilómetros de longitud. El derecho de vía donde se construye la línea de transmisión puede variar de 20 a 500 metros de ancho, o más, dependiendo del tamaño de la línea, y el número de líneas de transmisión. Las líneas de transmisión son, principalmente, sistemas terrestres y pueden pasar sobre los humedales, arroyos, ríos y cerca de las orillas de los lagos, bahías, etc. Son técnicamente factibles, pero muy costosas, las líneas de transmisión subterráneas.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

4. Las líneas de transmisión eléctrica son instalaciones lineales que afectan los recursos naturales y socioculturales. Los efectos de las líneas cortas son locales; sin embargo, las más largas pueden tener efectos regionales. En general, mientras más larga sea la línea, mayores serán los impactos ambientales sobre los recursos naturales, sociales y culturales. Como se tratan de instalaciones lineales, los impactos de las líneas de transmisión ocurren, principalmente, dentro o cerca del derecho de vía. Cuando es mayor el voltaje de la línea, se aumenta la magnitud e importancia de los impactos, y se necesitan estructuras de soporte y derechos de vía, cada vez más grandes. Se aumentan también los impactos operacionales. Por ejemplo, los efectos del campo electromagnético (EMF) son mucho mayores para las líneas de 1.000 kV, que para las de 69 kV.
5. Los impactos ambientales negativos de las líneas de transmisión son causados por la construcción, operación y mantenimiento de las mismas. Las causas principales de los impactos que se relacionan con la construcción del sistema incluyen las siguientes: el desbroce de la vegetación de los sitios y los derechos de vía, y la construcción de los caminos de acceso, los cimientos de las torres y las subestaciones (ver la Tabla 10.2 al final de esta sección para un resumen de todos los impactos potenciales). La operación y mantenimiento de la línea de transmisión incluye el control químico o mecánico de la vegetación dentro del derecho de vía y, de vez en cuando, la reparación y mantenimiento de la línea. Estas actividades, más la presencia física de la línea misma, pueden causar impactos ambientales.
6. En el lado positivo, al manejarlos adecuadamente, los derechos de vía de las líneas de transmisión pueden ser beneficiosos para la fauna. Las áreas desbrozadas pueden proporcionar sitios de reproducción y alimentación para las aves y los mamíferos. El efecto de "margen" ha sido bien documentado en la literatura biológica; se trata del aumento de diversidad que resulta del contacto entre el derecho de vía y la vegetación existente. Las líneas y las estructuras pueden albergar los nidos y servir como perchas para muchas aves, especialmente las de rapiña.

## **Temas Especiales**

### **Efectos sobre el Uso de la Tierra**

7. El mayor impacto de las líneas de transmisión de energía eléctrica se produce en los recursos terrestres. Se requiere un derecho de vía exclusivo para la línea de transmisión de energía eléctrica. Normalmente, no se prohíbe el pastoreo o uso agrícola en los derechos de vía, pero, en general, los otros usos son incompatibles. Si bien no son muy anchos los derechos de vía, pueden interrumpir o fragmentar el uso establecido de la tierra en toda su extensión. Las líneas de transmisión largas afectarán áreas más grandes y causarán impactos más significativos.

8. Las líneas de transmisión pueden abrir las tierras más remotas para las actividades humanas como colonización, agricultura, cacería, recreación, etc. La construcción del derecho de vía puede provocar la pérdida o fragmentación del habitat, o la vegetación que encuentra en su camino. Estos efectos pueden ser importantes si se afectan las áreas naturales, como humedales o tierras silvestres, o si las tierras recién accesibles son el hogar de los pueblos indígenas.

### **Desbroce y Control de la Vegetación en los Derechos de Vía**

9. Hay una variedad de técnicas para limpiar la vegetación del derecho de vía y controlar la cantidad y tipo de la nueva vegetación. Desde el punto de vista ambiental, el desbroce selectivo utilizando medios mecánicos o herbicidas es preferible y debe ser analizado en las Evaluaciones Ambientales del proyecto. Se debe evitar el rocío aéreo de herbicidas porque no es selectivo e introduce grandes cantidades de químicos al medio ambiente, y además es una técnica de aplicación imprecisa y puede contaminar las aguas superficiales y las cadenas alimenticias terrestres, y eliminar las especies deseables y envenenar la fauna.

### **Riesgos para la Salud y la Seguridad**

10. Al colocar líneas bajas o ubicarlas cerca de las actividades humanas (p.ej., carreteras, edificios) se incrementa el riesgo de electrocución. Normalmente, las normas técnicas reducen este peligro. Las torres y las líneas de transmisión pueden interrumpir la trayectoria de vuelo de los aviones cerca de los aeropuertos y poner en peligro las naves que vuelan muy bajo, especialmente, las que se emplean para actividades agrícolas.

11. Las líneas de transmisión de energía eléctrica crean campos electromagnéticos (EMF). Se disminuye la potencia de los campos, tanto eléctricos, como magnéticos, si la distancia (p.ej., metros) de las líneas de transmisión es mayor. La comunidad científica no ha llegado a ningún consenso en cuanto a las respuestas biológicas específicas a la fuerza electromagnética, pero los resultados sugieren que pueden haber riesgos para la salud. Se han promulgado normas en varios estados de los Estados Unidos que reglamentan la fuerza electromagnética que está asociada con las líneas de transmisión de alto voltaje.

### **Desarrollo Inducido**

12. Dependiendo de su ubicación, las líneas de transmisión pueden inducir desarrollo en los derechos de vía o junto a estos, o en las tierras que se han vuelto más accesibles. En los lugares donde la vivienda sea escasa, los derechos de vía, a menudo, son sitios atractivos para construir viviendas informales, y esto, a su vez, causa otros impactos ambientales, y sobrecarga la infraestructura y servicios públicos locales.

## **Alternativas para los Proyectos**

13. La evaluación ambiental debe incluir un análisis de las alternativas razonables que pueden cumplir el objetivo final del proyecto, la distribución de electricidad a los centros de consumo. Dicho análisis puede producir alternativas que sean más solventes, desde el punto de vista ambiental, sociocultural y económico, que el proyecto que fue propuesto, originalmente. Las siguientes son algunas de las alternativas que deben ser consideradas:

- no tomar acción alguna para satisfacer la capacidad requerida;
- voltajes alternativos;
- líneas de transmisión de corriente directa (DC) (permitiendo que los derechos de vía sean más angostos);
- fuentes alternativas de electricidad;
- construir plantas termoeléctricas más pequeñas, cerca de las cargas para evitar la transmisión global de electricidad;
- actualizar las instalaciones existentes;
- utilizar rutas alternativas y otros sitios para las subestaciones;
- líneas de transmisión subterráneas;
- otros métodos de construcción, incluyendo los costos y confiabilidad;
- diseño alternativo para las torres de transmisión y otros materiales (p.ej., postes de madera, estructuras de acero o aluminio, etc.);
- utilizar técnicas de mantenimiento alternativas y otros diseños para los caminos.

14. Una de las consideraciones más importantes es la evaluación de las rutas alternativas y los diferentes sitios para las subestaciones. Muchos de los impactos ambientales que provocan las líneas de transmisión de la energía eléctrica pueden ser evitados o reducidos, si se escoge, cuidadosamente, la ubicación del derecho de vía y los sitios de las subestaciones.

## **Administración y Capacitación**

15. La decisión ambiental más crítica que se relaciona con la construcción y operación de las líneas de transmisión de energía eléctrica es la selección de la ruta. Los científicos ambientales deben trabajar con los ingenieros de la línea de transmisión para seleccionar la ruta y diseñar las medidas de atenuación. Dependiendo de la formación y experiencia del personal, puede ser necesario ofrecer capacitación en el manejo ambiental de las líneas de transmisión de energía eléctrica. Las principales especializaciones que se requieren para el manejo ambiental de las líneas de transmisión de energía eléctrica se relacionan con la evaluación de los impactos ambientales y sociales. Puede ser necesario dar capacitación sobre las técnicas de mantenimiento del derecho de vía, incluyendo el uso adecuado de los métodos de limpieza químicos y mecánicos.

16. Se debe realizar en entrenamiento como parte de la fase de evaluación ambiental del proyecto, con la ayuda de un consultor ambiental. De ser posible, el personal ambiental del auspiciador del proyecto debe participar en la realización de la evaluación ambiental. Esto asegurará que se entiendan los aspectos ambientales del proyecto. En particular, los trabajadores deberán entender la razón fundamental para los medios atenuantes y el monitoreo que posiblemente, se estén implementando.

17. Es posible que requieran capacitación también, las agencias ambientales locales, regionales y nacionales que participan en el análisis y la aprobación del proyecto, para que puedan realizar el monitoreo y exigir cumplimiento durante la construcción y operación del proyecto.

## **Monitoreo**

18. Los requerimientos de monitoreo de las líneas de transmisión dependerán de los recursos ambientales y el grado en que sean afectados. Puede ser necesario controlar las actividades de construcción para asegurar que se eviten los impactos negativos ecológicos y/o los que se relacionan con el uso de la tierra, y que se implementen las medidas de atenuación adecuadas. El monitoreo de estos impactos será de corta duración (p.ej., semanas) y ocurrirá a lo largo de la línea durante su construcción. El monitoreo puede ser especialmente crítico en los sitios donde la línea pase por las grandes extensiones de agua o humedales, o cerca de las tierras silvestres y las propiedades culturales. El monitoreo en sí, incluirá la inspección visual de los materiales que están siendo utilizados, las prácticas de construcción y las medidas de atenuación. Asimismo, es necesario controlar las actividades de mantenimiento del derecho de vía, para asegurar que se empleen métodos adecuados para controlar la vegetación, para prevenir la invasión de las especies exóticas, y para apoyar las decisiones que aprovechan los posibles beneficios para la fauna.

**Tabla 10.2. Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
1. Daños a la vegetación, pérdida de hábitat e invasión de las especies exóticas en el derecho de vía, y los caminos de acceso y junto a las subestaciones;	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar las técnicas adecuadas de desbroce, (p.ej., limpieza manual en vez de mecánica);</li> <li>• Mantener la cubierta de vegetación nativa debajo de las líneas;</li> <li>• Resembrar las áreas alteradas;</li> <li>• Manejar los derechos de vía de tal manera que se aumenten al máximo los beneficios para la fauna.</li> </ul>
2. Fragmentación o alteración de los hábitats;	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientar el derecho de vía de modo que se eviten las áreas naturales importantes, como tierras silvestres y hábitats frágiles;</li> <li>• Mantener el hábitat (es decir, la vegetación nativa) debajo de las líneas);</li> <li>• Tomar las medidas necesarias a fin de evitar la interferencia con los regímenes naturales de incendio;</li> </ul>
3. Mayor accesibilidad de las tierras silvestres;	3. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar el derecho de vía para que se eviten las tierras silvestres frágiles;</li> <li>• Diseñar planes de protección y manejo para estas áreas;</li> <li>• Emplear caminos de mantenimiento discontinuos;</li> </ul>
4. Escurrimiento y sedimentación debido a la construcción de los caminos de acceso, los cimientos de las torres, facilidades para subestaciones, y alteración de los modelos hidrológicos debido al mantenimiento de caminos.	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar el derecho de vía de tal manera que se eviten los impactos sobre las extensiones de agua, planicies de inundación y humedales;</li> <li>• Instalar trampas de sedimento o mallas para controlar el escurrimiento y la sedimentación;</li> <li>• Reducir al mínimo el uso de tierra de relleno;</li> <li>• Emplear alcantarillas amplias;</li> </ul>

**Tabla 10.2. Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar las zanjas de drenaje a fin de evitar los efectos para las tierras cercanas;</li> </ul>
5. Pérdida del uso de la tierra y desplazamiento de la población debido a la colocación de las torres y subestaciones;	5. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccione el derecho de vía de modo que se eviten los recursos sociales, agrícolas y culturales importantes;</li> <li>• Utilice diseños alternativos para las torres a fin de reducir la anchura del derecho de vía y disminuir los impactos sobre el uso de la tierra;</li> <li>• Ajuste la longitud del trayecto para evitar los impactos específicos que pueden provocar los cimientos de las torres;</li> <li>• Manejar el reasentamiento de acuerdo con los procedimientos del Banco;</li> </ul>
6. Contaminación a causa del mantenimiento técnico químico;	6. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilice técnicas mecánicas para la limpieza, pastoreo y/o aplicaciones selectivas de químicos;</li> <li>• Escoja los herbicidas cuyos efectos indeseados sean mínimos;</li> <li>• No aplique los herbicidas con rocío aéreo;</li> <li>• Mantenga la vegetación natural baja en el derecho de vía.</li> </ul>
7. Peligros para las aves debido a las líneas de transmisión y las torres;	7. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccione el derecho de vía para que se eviten los habitats y rutas migratorias importantes de las aves;</li> <li>• Instale las torres y las líneas de modo que se disminuyan los riesgos para las aves;</li> <li>• Instalar deflectores en las líneas en las áreas donde exista el potencial de que se choquen las aves;</li> </ul>
8. Riesgos para la aviación debido a las líneas de transmisión y las torres;	8. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoja el derecho de vía de tal manera que se eviten las trayectorias de vuelo de los aviones cerca de los aeropuertos;</li> <li>• Instale marcadores para reducir el riesgo para los aviones que están volando muy bajo;</li> </ul>

**Tabla 10.2. Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos (continuación)</b>	
9. Efectos inducidos por los campos electromagnéticos;	9. • Seleccione el derecho de vía para evitar las áreas de actividad humana;
10. Deterioro de los recursos culturales o estéticos debido a los impactos visuales.	10. • Escoja el derecho de vía de tal manera que se eviten las áreas frágiles, incluyendo los sitios turísticos y panorámicos; • Construya barreras visuales; • Seleccione un diseño adecuado para la estructura, materiales y acabados del soporte; • Emplee un voltaje más bajo, un sistema de DC, o un cable subterráneo, para reducir o eliminar los impactos visuales de las líneas, estructuras y derechos de vía.
<b>Indirectos</b>	
1. Desarrollo secundario que se induce en el área durante la construcción;	1. • Diseñar planes completos para manejar el desarrollo inducido; • Construir instalaciones que disminuyan la demanda; • Proporcionar ayuda técnica a los gobiernos locales, para la planificación y control del uso de la tierra;
2. Mayor acceso a las tierras silvestres.	2. • Seleccione una ruta para el derecho de vía que pase fuera de las tierras silvestres; • Controle el acceso.

## **OLEODUCTOS Y GASODUCTOS**

1. Los proyectos de los oleoductos y gasoductos incluyen la construcción y operación de tuberías costa afuera, cerca de la orilla y/o en tierra. Los oleoductos puede ser de hasta 2 metros de diámetro. Su extensión varía desde pocos hasta cientos de kilómetros. La tubería en tierra, o cerca de la orilla se la entierra, generalmente. Los oleoductos costa afuera, usualmente, se colocan en el fondo del mar en aguas de hasta 350 o 450 metros de profundidad, pero se han colocado oleoductos submarinos a profundidades mayores de 1.500 metros, en casos especiales.

2. Los siguientes son los elementos principales que se asocian con los oleoductos o gasoductos: la tubería misma, los caminos de acceso o mantenimiento, las estaciones de recepción, de despacho, y de control, y las estaciones de compresores o bombeo. Debido a la fricción interna y los cambios de elevación a lo largo de la línea, se requieren estaciones de refuerzo a intervalos regulares (p.ej., aproximadamente cada 70 kilómetros [km]) en los oleoductos, o poliductos que son muy largos. Se instalan las estaciones de compresión a intervalos apropiados a lo largo de las líneas de transmisión de gas para mantener la presión. El oleoducto o gasoducto puede transportar petróleo crudo o gas desde el cabezal del pozo hasta la planta de transferencia o procesamiento. El petróleo o gas refinado pueden ser transportados al usuario final, que puede ser una planta petroquímica o termoeléctrica.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

3. La instalación de oleoductos en las áreas altas incluye las siguientes actividades: levantamiento topográfico, desbroce del derecho de vía, excavación de zanjas, colocación, doblado, soldadura, envoltura y revestimiento de la tubería, instalación de la protección catódica para controlar la corrosión, colocación en la zanja (en el caso de los oleoductos enterrados), relleno y limpieza. En los humedales, ocurren las mismas actividades generales; sin embargo, es necesario dragar y eliminar el lodo para poder colocar la tubería. En el caso de las tierras completamente saturadas y las lagunas, se emplean barcazas para dragar el suelo, fabricar la tubería y colocarla.

4. La instalación de los oleoductos costa afuera significa colocarlos en el fondo del mar. La tubería puede anclarse con bloques de cemento o un entubado de concreto. Si el oleoducto debe ser enterrado, entonces será necesario cavar una zanja. Una barcaza coloca la tubería. Hay excavadoras submarinas que pueden cavar la zanja. En la mayoría de los casos se depende de la acción de las olas y la corriente para enterrar los oleoductos en las áreas costa afuera; sin embargo, también se los puede enterrar artificialmente. Es necesario enterrar los oleoductos en las áreas cerca de la orilla o en tierra.

5. Para asegurar la operación adecuada de los poliductos es necesario efectuar el mantenimiento y revisión de los equipos. Se realiza una inspección terrestre o aérea de la ruta de la tubería para detectar fugas. Los aparatos que se emplean para raspar o limpiar la parafina y escoria del interior de los oleoductos (relacionados con limpiadores, bolas o "conejos"), o para separar los diferentes materiales que se bombean por la tubería, o para extraer los líquidos o condensado (en los gasoductos) pueden producir desechos que deberán ser eliminados. La vida del oleoducto depende de la tasa de corrosión y el desgaste interior de la tubería. Es necesario emplear protección contra la corrosión en la mayoría de los suelos, especialmente, en las áreas húmedas o saladas. Las fugas o roturas de los oleoductos o gasoductos pueden causar impactos importantes más allá de los alrededores inmediatos de la tubería.

## **Impactos Positivos**

6. En algunos casos, se puede considerar que los oleoductos y gasoductos contribuyen a la calidad del medio ambiente porque facilitan la disponibilidad de combustibles más limpios (p.ej., el gas con poco azufre versus el carbón con un alto contenido de azufre) para producir energía y/o para uso industrial. En las áreas costa afuera, los oleoductos no enterrados pueden crear un habitat para los organismos marítimos que se sienten atraídos por el "arrecife artificial".

## **Impactos Negativos**

7. Los oleoductos y gasoductos costa afuera, cerca de la orilla y en tierra alta causan diferentes impactos ambientales, según su tipo, como explican los siguientes párrafos. (Ver también la Tabla 10.3 al final de esta sección para otros ejemplos.) La magnitud de los impactos dependerá del tipo y tamaño de la tubería; su significado dependerá del grado en que se afecten los recursos naturales y sociales.

### **8. Impactos Directos: Oleoductos Costa Afuera**

- (a) La instalación de oleoductos costa afuera o cerca de la orilla puede causar la pérdida de los organismos bénticos y los que se alimentan en el fondo, debido a la excavación de las zanjas y/o la turbiedad relacionada con la colocación de la tubería. El significado de estos impactos dependerá del tipo de recurso acuático que sea afectado y la magnitud del efecto.
- (b) La construcción del oleoducto puede producir la resuspensión temporal de los sedimentos del fondo. Esa redistribución puede alterar las características de los habitats acuáticos y provocar cambios en la composición de las especies. El significado de estos efectos dependerá del tipo e importancia de los organismos acuáticos afectados. Por ejemplo, el significado de la alteración del habitat de la hierba marina o de los arrecifes de coral, que son considerados importantes como habitats para la alimentación y reproducción de los peces y otros animales, puede ser mayor que la alteración de habitat béntico profundo costa afuera.
- (c) Si la excavación para el oleoducto ocurre en las áreas costa afuera o cerca de la orilla, donde los químicos tóxicos se hayan acumulado en los sedimentos (p.ej., en los puertos cerca de las descargas industriales de químicos tóxicos, como mercurio y bifenol policlorado (BPC), la colocación de la tubería puede causar la resuspensión de estos sedimentos tóxicos y bajar, temporalmente, la calidad del agua sobre el oleoducto. Puede haber bioacumulación de estos químicos tóxicos en los organismos acuáticos (p.ej., peces y moluscos).
- (d) En las áreas costa afuera y cerca de la orilla que se utilizan para pesca de fondo, los poliductos pueden interferir con la rastra del fondo, causando la pérdida o daños al equipo de pesca, así como rotura casual de la tubería. Al arrastrar una ancla, se puede causar daños al oleoducto y provocar derrames de petróleo.

### **9. Directos: Oleoductos de Tierra Alta**

- (a) La instalación de los oleoductos puede causar erosión en el área de la tubería. En las áreas montañosas, esto puede provocar la inestabilidad de los suelos y causar derrumbes. El escurrimiento y sedimentación pueden bajar la calidad del agua de los ríos y arroyos durante la construcción.
- (b) La instalación de los oleoductos y caminos de mantenimiento puede alterar los modelos de drenaje, bloquear el agua, levantar el nivel freático en el lado ascendente del oleoducto, y esto puede causar la muerte o reducción de la

vegetación, como los árboles. Si el oleoducto pasa por un bosque grande, el impacto puede ser importante. Además, se puede alterar el suministro de agua a los humedales.

- (c) La creación del derecho de vía puede provocar una invasión de plantas exóticas que competirán con la vegetación nativa. Si no se controlan, puede haber un impacto significativo a largo plazo. Asimismo, la instalación de la tubería puede fragmentar el hábitat de las áreas naturales (p.ej., tierras silvestres), y provocar la pérdida de especies y reducir la biodiversidad.
- (d) En las áreas desarrolladas, los oleoductos y gasoductos pueden interferir con el uso del suelo y desplazar la población, debido a la instalación de la tubería y las subestaciones. Algunos tipos de actividades agrícolas pueden ser afectadas, solamente a corto plazo, durante el período de construcción.
- (e) Los oleoductos que se colocan sobre la tierra pueden crear barreras para los seres humanos y la fauna migratoria. Esto puede ser importante, dependiendo de la extensión y ubicación de la tubería.
- (f) Los sitios arqueológicos están sujetos a daños o pérdida durante la construcción de oleoductos.
- (g) La construcción de oleoductos puede causar la interrupción temporal del tráfico. Esto puede ser significativo en las áreas desarrolladas, si el oleoducto cruza las rutas principales de transporte.
- (h) Las roturas y fugas, así como los desechos generados en las estaciones de bombeo y transferencia, pueden causar, potencialmente, la contaminación de los suelos, aguas superficiales y el agua freática. La importancia de esta contaminación depende del tipo y magnitud de la fuga, y el tipo y volumen de los desechos que se generen, y el grado en el que se afecte el recurso natural. La rotura de los oleoductos que cruzan los ríos u otras extensiones de agua pueden causar importantes daños ambientales.
- (i) Las fugas o roturas de los gasoductos pueden causar explosiones e incendios. En las áreas desarrolladas, estos accidentes representan un riesgo importante para la salud humana.

## **10. Impactos Indirectos**

- (a) Los poliductos de tierra alta pueden inducir desarrollo secundario (p.ej., ocupación ilegal) dentro del derecho de vía del oleoducto. Este desarrollo no planificado pueden sobrecargar la infraestructura existente del área afectada.
- (b) Los oleoductos de tierra alta pueden permitir acceso a las áreas que, de otra manera, serían inaccesibles (p.ej., tierras silvestres). Esto puede provocar la degradación y explotación de estas áreas.

## **Temas Especiales**

### **Recursos Naturales**

11. Los oleoductos y gasoductos costa afuera y cerca de la orilla afectan los recursos acuáticos marítimos y de los esteros. Los oleoductos en tierra alta pueden afectar los recursos de agua dulce. Dependiendo de la ubicación del derecho de vía, la construcción de un oleoducto en o cerca de los arroyos, ríos, lagos o esteros puede causar impactos importantes en la calidad del agua debido a la sedimentación y escorrentía. Además, las funciones de

almacenamiento de inundaciones que poseen estos sistemas pueden ser alteradas debido a los cambios en el drenaje del agua y la construcción de instalaciones dentro de estas extensiones de agua.

12. La construcción de oleoductos en el fondo del mar puede impactar en los recursos marítimos y costaneros importantes (p.ej., arrecifes de coral, áreas de hierba marina, etc.), y afectar las actividades de la pesca. Las roturas del oleoducto o derrames casuales de petróleo en los terminales, afectaría, significativamente, la calidad del agua de los arroyos, ríos, lagos, esteros y otras extensiones de agua a lo largo del derecho de vía del oleoducto. Puede haber contaminación del agua freática debido a estos derrames, dependiendo de su tipo y extensión y las características hidrogeológicas del área.

13. Los oleoductos largos pueden abrir las áreas naturales poco accesibles, como las tierras silvestres, para la actividad humana (agricultura, cacería, recreación, etc.). Dependiendo de la tolerancia de los recursos ecológicos de estas áreas y las características socioculturales de la población, estas actividades pueden tener un impacto adverso.

### **Seguridad del Oleoducto o Gasoducto**

14. El transporte de gas natural por gasoducto incluye algún grado de riesgo para el público en caso de un accidente y el subsiguiente escape de gas. El riesgo más grave es el de un incendio o explosión después de una ruptura importante en el gasoducto.

15. Las fuerzas externas son la causa principal de los accidentes de los gasoductos y oleoductos, y han sido implicadas en más de la mitad de los incidentes. Otras causas incluyen la corrosión y los defectos de los materiales y la construcción. Los accidentes pueden ser causados por la operación negligente de equipos mecánicos (rasadoras y retroexcavadoras), el movimiento de la tierra debido a un hundimiento, corrimiento, derrumbe o terremoto, los efectos del clima (viento, tempestades, fuerzas térmicas) y los daños premeditados. Algunos países tienen normas nacionales de seguridad para la construcción y operación de los gasoductos, y el Banco Mundial ha preparado lineamientos para esto.

### **Otros Temas Especiales**

16. Dependiendo de su ubicación, los oleoductos y gasoductos pueden causar un impacto en las propiedades culturales, la colonización de la tierra, los pueblos tribales, la diversidad biológica, los bosques tropicales, las cuencas hidrográficas y la tierras silvestres. Hay políticas y lineamientos del Banco Mundial que han sido preparados para estos impactos (ver las presentaciones pertinentes en los Capítulos 2 y 3).

## **Alternativas del Proyecto**

17. La evaluación ambiental de un oleoducto o gasoducto debe incluir un análisis de las alternativas razonables que puedan cumplir el objetivo final del proyecto. El análisis de las alternativas puede producir diseños que sean más solventes, desde el punto de vista ambiental, social y económico, que el proyecto tal como se propuso, originalmente. Se deben considerar las siguientes alternativas:

- la alternativa de "no hacer nada" (es decir, estudiar la factibilidad de no tomar ninguna acción para satisfacer la necesidad de combustible);
- medios alternativos para transportar el petróleo o gas (p.ej., tanqueros);
- mejoramiento de las instalaciones actuales;
- rutas y sitios alternativos para las subestaciones;
- métodos alternativos para construir los oleoductos, incluyendo los costos y la confiabilidad;

- diseños y materiales alternativos para el oleoducto (p.ej., tubería enterrada en vez de elevada).

18. Se debe analizar la idoneidad o impropiedad de estas alternativas en relación con los factores ambientales y económicos. Como los oleoductos y gasoductos son lineales, una de las alternativas más importantes es la selección de la ruta. Se pueden evitar o reducir muchos de los impactos ambientales causados por los oleoductos y gasoductos, al escoger la ruta cuidadosamente.

### **Administración y Capacitación**

19. Tal como se indicó en el párrafo anterior, una de las decisiones ambientales más críticas, con respecto a la construcción y operación de los oleoductos y gasoductos, es la selección de la ruta. Los científicos ambientales deben colaborar con los ingenieros de oleoductos para seleccionar las rutas y diseñar las medidas de atenuación.

20. Dependiendo de la formación y experiencia del personal, puede ser justificado dar capacitación en el manejo ambiental de oleoductos y gasoductos. En particular, el personal deberá tener un entendimiento de la razón fundamental de las medidas de atenuación que se recomiendan, y del programa de monitoreo que ellos pueden tener que implementar. Puede ser necesario, además, dar capacitación a las agencias ambientales locales, regionales y nacionales que participan en el análisis y aprobación del proyecto para que puedan monitorear y exigir el cumplimiento de los requerimientos de gestión ambiental del proyecto.

21. Puede ser necesario proporcionar capacitación y educación de seguridad, incluyendo los procedimientos de evacuación y planes de contención en caso de un derrame de petróleo o fuga de gas. Se puede requerir un plan de respuesta de emergencia en las áreas donde los accidentes representen un riesgo para el público.

### **Monitoreo**

22. Los requerimientos de monitoreo de los oleoductos o gasoductos dependerán del tipo de recursos ambientales y el grado en que hayan sido afectados. El monitoreo de las actividades de construcción será necesario para asegurar que se empleen los buenos métodos y que se cumpla cualquier requerimiento especial, a fin de evitar o atenuar los impactos negativos, y detectar cualquier impacto que ocurriese, de modo que se pueda iniciar la acción correctiva. Esto debe incluir los campamentos de almacenamiento de materiales y reparación de equipos, y de los trabajadores de la construcción. El monitoreo, en sí, puede incluir la inspección visual del sistema de atenuación (p.ej., trampas de sedimento) y el control más amplio de la calidad del agua durante la construcción del oleoducto a través, o cerca de, una extensión de agua. Si la construcción del oleoducto puede causar la resuspensión de las sustancias tóxicas, puede ser necesario implementar un programa amplio de monitoreo químico y biológico.

23. El monitoreo debe realizarse antes, durante y después de la colocación o entierro de la tubería. El objetivo de este programa de monitoreo será determinado por la magnitud y duración de la recontaminación del agua. Será necesario monitorear la operación de los oleoductos y gasoductos para asegurar su adecuado funcionamiento mecánico y para identificar las condiciones estructurales que puedan provocar fugas o roturas.

**Tabla 10.3. Oleoductos y Gasoductos**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
1. Resuspensión de los sedimentos tóxicos como resultado de la construcción de oleoductos costa afuera;	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoger un sitio alternativo para colocar el oleoducto;</li> <li>• Utilizar técnicas alternativas para la construcción del oleoducto a fin de reducir la resuspensión de los sedimentos (p.ej., colocar la tubería en vez de enterrarla);</li> <li>• Colocar la tubería durante un período de circulación mínima;</li> </ul>
2. Interferencia con las actividades de pesca debido a los oleoductos costa afuera y cerca de la orilla;	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoger una ruta para el oleoducto fuera de las áreas de pesca conocidas;</li> <li>• Marcar y hacer un mapa de los oleoductos costa afuera;</li> <li>• Enterrar el oleoducto si deberá pasar por áreas de pesca críticas;</li> </ul>
3. Pérdida de habitats y organismos junto al derecho de vía de los oleoductos costa afuera y en tierra alta, y en las estaciones de bombeo y compresores, y mayor acceso a las tierras silvestres;	3. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoja el derecho de vía de tal manera que se eviten las áreas donde existen recursos naturales importantes.</li> <li>• Utilizar las técnicas apropiadas de desbroce (p.ej., limpieza manual en vez de mecánica) en los derechos de vía de tierra alta para mantener la vegetación nativa junto al oleoducto;</li> <li>• Resembrar los sitios trastornados;</li> <li>• Utilizar técnicas alternativas de construcción (ver el No. 1);</li> </ul>
4. Erosión, escurrimiento y sedimentación como resultado de la construcción del oleoducto, movimiento de tierras para los caminos de acceso y subestaciones;	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccione el derecho de vía de tal manera que se eviten las extensiones de agua y áreas montañosas;</li> <li>• Instale trampas de sedimento o mallas, a fin de controlar el escurrimiento y sedimentación;</li> <li>• Emplee técnicas alternativas para colocar la tubería que ayudan a disminuir los impactos;</li> <li>• Estabilice los suelos, mecánica o químicamente, para reducir el potencial para causar erosión;</li> </ul>

**Tabla 10.3. Oleoductos y Gasoductos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
5. Alteración de los modelos hidrológicos;	5. • Seleccione el derecho de vía de tal manera que se eviten los humedales y planicies de inundación; • Disminuya el uso de la tierra de relleno; • Diseñe el drenaje de tal manera que no se produzcan efectos en los terrenos aledaños;
6. Invasión de las especies exóticas y fragmentación de los habitats;	6. • Escoja el corredor y el derecho de vía de modo que se eviten las tierras silvestres importantes y los habitats frágiles; • Mantenga la cubierta (vegetal) nativa sobre el oleoducto; • Haga provisiones para no interferir con los regímenes naturales de incendio;
7. Pérdida del uso de la tierra a causa de la colocación del oleoducto en tierra alta y la construcción de las subestaciones;	7. • Seleccione el derecho de vía de tal manera que no se interrumpan los usos sociales (incluyendo la agricultura) y culturales importantes de la tierra; • Diseñe la construcción de tal manera que se reduzca el tamaño del derecho de vía; • Durante la construcción, reduzca al mínimo los impactos sobre el uso de la tierra fuera del sitio; • En el caso de los oleoductos enterrados, restaurar la tierra que ha sido movida a lo largo del derecho de vía;
8. Creación de barreras al movimiento de los seres humanos y la fauna;	8. • Seleccione el derecho de vía de tal modo que se eviten las rutas de movimiento y corredores utilizados por la fauna; • Eleve o entierre el oleoducto para permitir movimiento;
9. Mayor tráfico debido a la construcción;	9. • Coordine las actividades de construcción para controlar el tráfico; • Construya rutas alternativas para el tráfico;

**Tabla 10.3. Oleoductos y Gasoductos (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos (continuación)</b>	
10. Contaminación química a causa de los desechos y los derrames casuales de petróleo;	10. • Diseñe planes de prevención de desechos y derrames, y de limpieza; • Utilice técnicas de contención de derrames; • Limpiar y restaurar las áreas afectadas;
11. Peligros causados por las fugas o roturas de los gasoductos.	11. • Señale claramente la ubicación de los gasoductos en las áreas muy usadas; • Diseñe los planes y procedimientos de evacuación de emergencia; • Realice monitoreo para detectar las fugas; • Instale alarmas para notificar al público en caso de que ocurra un accidente.
<b>Indirectos</b>	
1. Desarrollo secundario inducido en el área circundante construcción;	1. • Desarrollar un plan amplio para orientar el desarrollo durante la secundario. • Construir instalaciones y proveer apoyo financiero para la infraestructura existente;
2. Mayor acceso a las tierras silvestres.	2. • Desarrollar los planes de protección y manejo para estas áreas; • Construir barreras (cercas) para prohibir el acceso a las tierras silvestres frágiles.

## **DESARROLLO DE PETROLEO Y GAS -- COSTA AFUERA**

1. Esta categoría incluye la explotación, desarrollo y explotación de los recursos de petróleo y gas, costa afuera. Las fases principales del desarrollo incluyen los estudios geofísicos iniciales de amplias regiones para identificar los objetivos de exploración, la perforación de pozos desde barcos o plataformas temporales para probar los objetivos interesantes, la perforación de pozos de desarrollo espaciados desde plataformas de producción fijas y la construcción de la infraestructura de transporte y procesamiento. Las unidades de producción pueden ser varios tipos de plataformas con pozos múltiples de producción y reinyección, tanques de almacenamiento, separadores y equipos de apoyo. Usualmente, se realiza el transporte a través del oleoducto y ocasionalmente, por barcaza o buque tanque, hasta las refinerías y/o instalaciones de procesamiento de gas que se encuentran en tierra.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

2. Típicamente, la exploración consiste en estudios geofísicos de áreas muy extensas, realizados desde aviones y/o barcos, muestras del fondo tomadas empleando varios métodos, estudios sísmicos con explosivos o diferentes aparatos de concusión, y perforaciones de prueba para obtener datos geológicos. Después se perforan las formaciones seleccionadas desde los barcos de perforación o las plataformas temporales, se perforan pozos adicionales para delinear los descubrimientos de petróleo o gas, y se realizan pruebas de producción muy amplias para determinar los parámetros de los recursos. Los pozos iniciales se tapan hasta que entren en producción. El complejo de producción puede incluir una o más plataformas de producción, con pozos de producción e inyección, procesamiento primario y tanques de almacenamiento, plataformas de perforación, unidades sumergibles y oleoductos para recolectar el petróleo y transportarlo hasta la costa.

3. Las plataformas de producción y perforación son instalaciones independientes con helipuertos, vivienda para los trabajadores, fuentes de energía, tanques de almacenamiento, etc. El proceso de producción requiere un sistema amplio de apoyo, basado en tierra, incluyendo la vivienda de los trabajadores, suministros, eliminación de desechos y refinación. Las plataformas y barcos de perforación reciben sus suministros por transporte marítimo y aéreo. A menudo, la producción inicial se transporta a la costa en tanqueros o barcazas. Para los yacimientos pequeños este sistema puede continuar, si no es económico utilizar un oleoducto. (Para mayor información, ver la Tabla 10.4: "Lista de Verificación para proyectos de Desarrollo de Petróleo y Gas--Costa Afuera".)

4. Los efluentes incluyen los desechos sanitarios y domésticos tratados, lodos y ripio de perforación tratados, aguas producidas, y fuentes puntuales y no puntuales en tierra. Costa afuera, las emisiones atmosféricas son producidas por los generadores y bombas a diesel, los reventones con fuego o liberación de gas sulfuroso y las emisiones que ocurren durante la de transferencia. En tierra, las emisiones atmosféricas son producidas por la operación de las refinerías de petróleo, las plantas de procesamiento de gas y la descarga de los buques. El ruido, algo normal en la operación de un complejo industrial grande, es continuo en las instalaciones, tanto costa afuera, como en tierra. (Ver la Tabla 10.5 al final de esta sección para otros ejemplos de los impactos ambientales que son potencialmente negativos, causados por los proyectos de Desarrollo de Petróleo y Gas--Costa Afuera.)

5. Los eventos catastróficos no rutinarios que pueden ocurrir incluyen los siguientes: los reventones con fuego o liberación de gas sulfuroso (sulfuro de hidrógeno), el colapso de la plataforma, la rotura del oleoducto y el choque del tanquero.

**Tabla 10.4. Lista de Verificación – Desarrollo de Petróleo y Gas–Costa Afuera**

**1. Producción**

- **Campo:** Tamaño, profundidad, área, estructura, relación de petróleo/gas/agua, tipo de petróleo, tipo(s) de gas, presiones;
- **Operaciones:** Preparación del sitio, espacio entre los pozos, período de puesta en marcha (tasa de producción, vida del yacimiento, desechos sanitarios), control de contaminación, monitoreo, planes de contingencia para los derrames de petróleo y las emisiones de sulfuro de hidrógeno;
- **Emisiones Atmosféricas:** La cantidad y, donde sea posible, la composición de las emisiones: venteo, quema en el mechero, emisiones de los equipos, evaporación de los derrames y fugas de petróleo;
- **Descarga de los Desechos:** La cantidad y composición proyectada; método de tratamiento/eliminación (agua de producción, desechos sanitarios, lodos y rípios de perforación, derrames y fugas de petróleo);
- **Uso de la Tierra:** Área del campo, instalaciones portuarias, oleoductos;
- **Equipos:** Tipo y número de plataformas de perforación y producción y unidades auxiliares, transporte de los suministros y los trabajadores;
- **Suministros:** Lodos de perforación, tubería, químicos, agua, combustible;
- **Personal:** Cantidad y destrezas, planes de vivienda;

**2. Recursos Ambientales**

- **Geología:** Estratigrafía, estructura, modelos de fracturación, acuíferos (profundidad, espesor y calidad, esp. si están cerca de la costa), naturaleza del fondo, peligros geológicos, historia sísmica;
- **Oceanografía:** Profundidad, temperatura, mezclas del agua, mareas y corrientes, sedimentos del fondo, materia orgánica, particulados, nutrientes, salinidad, contaminantes;
- **Biológico:** Hábitats costaneros (barreras costaneras, humedales, bahías, lagunas, esteros, saladares, mangles, hierba marina); hábitats costa afuera (plataforma, bancos, talud, mar profundo, arrecifes); substrata, biota, comunidades, poblaciones residentes y casuales, especies raras o significativas, hábitats importantes;
- **Clima:** Modelos de precipitación (cantidad, frecuencia, tipo), calidad del aire, modelos de viento y tempestades (dirección, velocidad, frecuencia), temperatura, zona climática;

**3. Factores Socioeconómicas**

- **Comunidades cercanas:** Ubicación, acceso, población (número, características demográficas y sociales); economía (tasa de empleo, distribución de ingresos, base tributaria); servicios (tipos, capacidad, suficiencia) y vivienda; la cuestión es su capacidad para (a) proveer la fuerza laboral, (b) atender el nuevo desarrollo y (c) absorber y adaptarse al crecimiento (inmigración de trabajadores/familias);
- **Uso de la Tierra:** Intensivo y casual, a tiempo completo o temporal, real y proyectado, áreas de designación especial (santuarios marítimos, arrecifes de coral, playas o costa recreativas, parques, refugios, reservaciones, tierras silvestres), características artificiales;
- **Cultural:** Sitios históricos, sitios arqueológicos, sitios religiosos o de cosecha de los indígenas, buques naufragados;

**4. Marco Reglamentario**

- **Leyes, reglamentos, políticas, normas y requerimientos ambientales pertinentes, monitoreo y ejecución:** aire, agua, desechos, ruido, reclamación, controles y aprobaciones del uso de la tierra, protección de los recursos culturales e históricos;
- **Designación y protección de áreas y recursos especiales:** parques, refugios, tierras silvestres, comunidades ecológicas frágiles, especies amenazadas de flora y fauna, comunidades indígenas (incluyendo los sitios religiosos y áreas de cosecha/cacería o subsistencia);
- **Autoridad/voluntad para requerir atenuación especial:** ayuda comunitaria, desarrollo por etapas o fases, aislamiento de la fuerza laboral de desarrollo, estudios y monitoreo pre y posdesarrollo (con acción correctiva cuando sea necesaria), entrenamiento de los trabajadores, transporte masivo para la fuerza laboral.

## **Temas de los Recursos Naturales**

### **Agua**

6. El trastorno del fondo como resultado del sacado de las muestras, ubicación de las plataformas y excavación para los oleoductos, aumenta la dispersión de las partículas en la columna de agua. En las áreas costaneras, los sedimentos levantados pueden contener metales pesados y otros contaminantes. Usualmente, son más saladas las aguas producidas que el agua del mar, y tienen poco o nada de oxígeno disuelto y pueden contener metales pesados, azufre elemental y sulfuros y compuestos orgánicos, incluyendo hidrocarburos. Los lodos de perforación y los aditivos que se descargan están contaminados con las aguas de la formación e introducen hidrocarburos, metales pesados y otros contaminantes a la columna de agua. Las descargas de desechos sanitarios serán muy variadas, pero, usualmente, son menos diluidos que los desechos municipales. Las actividades rutinarias de producción causan la contaminación de hidrocarburos, crónica y de bajo nivel, de las aguas alrededor de las plataformas. Los eventos no rutinarios como los derrames durante la transferencia o en los puntos de carga, fallas del oleoducto, derrames de los tanqueros, o reventazones de los pozos, pueden causar severa contaminación de la columna de agua, local o difundida.

### **Aire**

7. En los sitios de perforación y producción, las emisiones rutinarias incluyen los gases de combustión de los generadores y bombas, la evaporación de petróleo en los puntos de transferencia y carga, la quema del gas de desecho en el mechero y los derrames pequeños de petróleo. Las emisiones mayores no rutinarias pueden ser causadas por los eventos catastróficos como los reventazones de los pozos con fuego o liberación de sulfuro de hidrógeno, la ruptura de un tanque de almacenamiento de gas o de una línea de transferencia, o la evaporación de los grandes derrames de petróleo. Las emisiones que se relacionan con el transporte incluyen la evaporación del producto de las barcazas o buques y la combustión de combustible, la evaporación de derrames de petróleo (o descarga de gas natural) por la ruptura de un oleoducto o choque de un buque. En la refinería y/o planta de procesamiento de gas, las emisiones son el resultado de la combustión, evaporación y desfogue que ocurre durante las operaciones rutinarias, y los eventos catastróficos como los derrames mayores causados por la ruptura de un tanque de almacenamiento o un incendio.

### **Tierra**

8. Las alteraciones del fondo del mar pueden ser causadas por la sacada de muestras del fondo, arrastre de las anclas, ubicación del buque de perforación o la plataforma, instalación del equipo de producción y excavación para el oleoducto durante el desarrollo. El entierro o contaminación del fondo ocurre como resultado de la descarga de los lodos y ripios de perforación, y los desechos sólidos. Un derrame de petróleo importante puede contaminar el mar y las áreas costaneras con residuos pesados de petróleo. Los trastornos en tierra serán el resultado de la basura y el petróleo derramado que llegan a la costa a flote, el desbroce de los sitios requeridos para el oleoducto y las instalaciones de apoyo, y los efectos secundarios del incremento de la población.

## **Temas Socioculturales**

### **Uso de la Tierra**

9. La exploración de petróleo y gas costa afuera implica el uso temporal o no intensivo de las áreas costaneras y costa afuera. Los sitios que se requieren para las instalaciones de producción costa afuera, los oleoductos y las instalaciones de procesamiento en tierra, no estarán disponibles para otros usos durante la vida del yacimiento. El desarrollo y producción en las áreas remotas requerirá la construcción de instalaciones portuarias y ciudades.

## **Recursos Culturales**

10. El desarrollo y construcción puede dañar o destruir los recursos culturales, sitios históricos, o sitios de significado religioso para los grupos nativos. Los sitios costa afuera que tienen importancia arqueológica son especialmente vulnerables, porque no son muy obvios.

## **Gente**

11. Las instalaciones de perforación y producción, el tráfico de los buques y las instalaciones costaneras del oleoducto pueden interferir con la pesca y los botes recreativos del área costanera. Será una molestia el ruido de las aeronaves, perforación cerca de la costa y operaciones de producción, tráfico portuario y operaciones de la planta procesadora. La inmigración de los trabajadores puede sobrecargar los servicios comunitarios, causar conflictos económicos, sociales o culturales o aún desplazar la población local, a menudo, con los efectos de "la bonanza y la quiebra". Las instalaciones costa afuera y en tierra causan impactos visuales. La fuerza laboral inicial de construcción tiende a ser temporal, y muy pronto la reemplaza el personal de operación, que, usualmente, es menos numeroso y más permanente. El control y limpieza de un derrame mayor de petróleo, un reventazón o incendio, que implica la formación y despliegue de grandes equipos, materiales y suministros frente a la emergencia, crea un trastorno severo, pero temporal, de las otras actividades del área costanera. Las manchas de petróleo serían efectos residuales del derrame en las playas, botes y instalaciones costaneras.

## **Temas Especiales**

### **Planes Contingentes para un Derrame de Petróleo**

12. Los derrames catastróficos de petróleo como resultado de una reventazón, la rotura de un oleoducto o el choque de un tanquero o barcaza, causarían la liberación rápida de grandes cantidades de petróleo a las aguas costa afuera, amenazando los mamíferos marinos, aves marítimas y costaneras, y el área de la costa. Los planes de contingencia para enfrentar el derrame deben incluir el almacenamiento de los equipos de respuesta, ejercicios de capacitación y preparación de modelos (con los datos locales de las mareas y el clima) para las diferentes situaciones que puedan presentarse a causa del derrame. Aparte de los impactos y la interrupción de las actividades de la costa a causa de un derrame mayor, existe la cuestión de compensación por los daños (pérdidas de ingresos de la pesca, los botes y estructuras costaneras manchados, pérdida de beneficios recreativos e ingresos del turismo y el daño y pérdida de los recursos naturales). Para mayor información, ver la sección sobre "Refinerías de Petróleo".

### **Refinerías de Petróleo y Plantas de Procesamiento de Gas**

13. Son instalaciones industriales muy grandes, y sus impactos ambientales y humanos también son grandes. Si bien existe la tendencia de ubicarlas en la costa, o en un lugar cercano, pueden estar a una distancia de varias millas o más hacia el interior. Las consideraciones que deben ser tomadas en cuenta en la selección del sitio incluyen la proximidad de las instalaciones costa afuera, el acceso a la infraestructura comunitaria y de transporte existente, el espacio y la ruta del oleoducto. Las comunidades locales pueden protestar por los olores, el ruido y el riesgo de incendios o fugas de gas.

## **Otros Temas**

14. Otros temas que pueden tener importancia son los sitios de eliminación de desechos sólidos en tierra, la compatibilidad con los planes de manejo de la zona costanera, la jurisdicción gubernamental, los límites de la tecnología de agua profunda (para las plataformas) y los daños causados a las redes barrederas por los desechos que se encuentran en el fondo del mar (equipos caídos o botados, tubería o pedazos de torres). Hace falta mucha

investigación antes de la construcción, para definir el diseño y sitio de la plataforma. Los temas de preocupación más importantes incluyen la estabilidad del fondo, la actividad sísmica y la probable severidad de las tempestades durante la vida del proyecto. A veces las plataformas atraen los peces y mejoran la pesca recreativa en el área. A la conclusión de la operación, pueden haber solicitudes para que se dejen ciertas plataformas en el sitio.

### **Alternativas del Proyecto**

15. Aparte de la alternativa de "no hacer nada" o no continuar con todo o parte del proyecto, las alternativas para las actividades/instalaciones de exploración y producción se relacionan, generalmente, con el tipo y grado de atenuación que será necesaria. Las medidas especiales de atenuación, expresadas en más detalle en las Tablas 10.4 y 10.5, pueden ser adaptadas al proyecto específico.

16. Es preferible utilizar oleoductos o gasoductos, en vez de barcas o tanqueros, para transportar petróleo o gas (ver la presentación sobre "Oleoductos y Gasoductos"). Las alternativas para las instalaciones en tierra incluyen la selección del sitio; sin embargo, las instalaciones portuarias deberán estar en la costa. Las refinerías, las plantas de procesamiento de gas y el desarrollo de nuevas comunidades puede estar en el interior.

### **Administración y Capacitación**

17. El elemento básico del desarrollo seguro de petróleo y gas costa afuera, para proteger a los trabajadores, al público en general y el medio ambiente, es un marco adecuado de reglamentos, el personal de inspección competente y ejecución efectiva. Los aspectos claves que deben ser considerados en los sitios de exploración, desarrollo y producción incluyen la instalación, inspección y mantenimiento de todos los equipos de seguridad obligatorios, y capacitación y ejercicios de emergencia para asegurar que los trabajadores tengan experiencia con su uso. Otros items claves incluyen los dispositivos de prevención de reventazones, el equipo contra incendios, las alarmas de detección de gas y protección contra sulfuro de hidrógeno, los equipos y procedimientos de evacuación de las plataformas y la capacidad para responder a un derrame de petróleo.

18. En los oleoductos se deberán instalar los equipos automáticos de cierre y monitoreo de la presión, los mismos que deben ser inspeccionados y probados, periódicamente. Los requerimientos de capacitación y equipos de seguridad en las plantas de procesamiento son similares a los que están vigentes en una planta compleja de químicos industriales, con particular énfasis en la prevención y supresión de incendios, el control y detección de gas y la respuesta a los derrames.

### **Monitoreo**

19. Los requerimientos de monitoreo incluyen las emisiones atmosféricas y las descargas de desechos de las plataformas de producción y las plantas de procesamiento, las patrullas visuales para detectar el brillo de petróleo en los alrededores de los sitios de exploración y producción y a lo largo de los corredores de los oleoductos, y patrullas visuales para detectar basura y restos (flotando cerca de las operaciones o arrojados a la playa). Se pueden establecer requerimientos especiales de monitoreo, para detectar los impactos en los recursos específicos, conjuntamente con las medidas de atenuación. El monitoreo de las plantas de procesamiento incluye la obtención permanente de muestras de la calidad del aire en el sitio y en los linderos (sacamuestras automáticas), chequeos visuales diarios para detectar derrames alrededor de los tanques, oleoductos o puntos de transferencia, el control frecuente del drenaje superficial, aguas abajo, (visualmente y mediante muestras de agua) y la obtención periódica de muestras de los niveles inferiores del agua freática del sitio (pozos de monitoreo).

Tabla 10.5. Desarrollo de Petróleo y Gas—Costa Afuera

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
<p>1. Trastorno de los recursos culturales, comunidades bénticas, arrecifes de coral, barreras costaneras, humedales, oleoductos y cables (p.ej., arrastre de anclas, muestras del fondo, excavación para oleoductos, ubicación de buques de perforación y plataformas, etc.);</p>	<p>1. • Requerir, antes de cualquier alteración, la realización de los estudios apropiados de los recursos en las áreas costaneras y costa afuera que puedan ser afectadas por el proyecto; típicamente esto incluirá lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• un inventario de los recursos culturales e históricos;</li> <li>• un inventario de la flora y fauna de la región;</li> <li>• identificación de las características topográficas significativas;</li> <li>• un inventario de los oleoductos y cables existentes costa afuera;</li> </ul> <p>• Las medidas de atenuación basadas en los conflictos de recursos que se han identificado pueden incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• anulación;</li> <li>• sincronización de las operaciones;</li> <li>• recuperación y registro de los recursos culturales e históricos;</li> </ul>
<p>2. Degradación de las aguas costaneras y costa afuera a causa de las descargas efectuadas durante las operaciones rutinarias (p.,ej., lodos de perforación, aguas sanitarias, aguas de producción y derrames);</p>	<p>2. • Requerir que se separe el ripio del lodo de perforación y lavarlo antes de descargarlo;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechar los lodos de perforación en tierra;</li> <li>• Tratar las aguas de formación, los desechos sanitarios y domésticos y las aguas/solventes de limpieza para que cumplan las normas de calidad del agua, antes de descargarlos;</li> </ul> <p>• Instalar canales y recoge gotas, especialmente en los puntos de transferencia, a fin de controlar los derrames en la plataforma;</p>

**Tabla 10.5. Desarrollo de Petróleo y Gas—Costa Afuera (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
3. Degradación de la calidad del agua debido a las emisiones operación (p.ej., combustión, derrames);	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben establecer las normas de calidad del agua para toda descarga de las aguas servidas;</li> <li>• Revisar los rípios de perforación para detectar la presencia de petróleo residual antes de descargarlos;</li> <li>• Controlar las aguas alrededor de la plataforma o buque de perforación para detectar el brillo de petróleo;</li> </ul>
4. Mortandad y/o disminución de la reproducción de los organismos béticos, comunidades de coral y otros organismos marítimos por ahogo (p.ej., levantamiento de los sedimentos del fondo, lodos y ripio de perforación);	<p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir la instalación y operación de los aparatos rutinarios apropiados de control de contaminación en todos los desfogues, generadores y bombas a diesel;</li> <li>• Requerir que se controlen los vapores de hidrocarburos en todos los puntos de transferencia de petróleo o gas, y que se limpie, oportunamente, todo derrame de petróleo;</li> <li>• Reducir al mínimo el desfogue durante la producción;</li> </ul> <p>4.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibir o restringir las actividades que alteren el fondo, en los alrededores de los arrecifes de coral o comunidades béticas significativas;</li> <li>• Los rípios de perforación deben ser desviados evitando estos lugares;</li> <li>• Se deben llevar los lodos de perforación gastados, a la tierra, en las barcasas, o descargarlos lejos de cualquier comunidad significativa del fondo del mar;</li> </ul>

**Tabla 10.5. Desarrollo de Petróleo y Gas—Costa Afuera (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
5. Mortandad y/o disminución de la reproducción de la flora y fauna marítima, aves acuáticas y marinas, por haberse bañado en los derrames de petróleo;	5. • Reducir al mínimo los derrames de petróleo rutinarios mediante el cumplimiento de las normas de calidad del agua y para las descargas, y el uso de buenas prácticas en los buques de perforación, las plataformas, los buques transbordadores, las barcasas, los tanqueros y en los puntos de transferencia;  • En el caso de que se produzca cualquier derrame operacional o catastrófico, detectarlo oportunamente, y responder efectivamente;  • Proveer medios de tratamiento para cualquier ave o mamífero acuático que estuviera bañado de petróleo;
6. Perturbación de los mamíferos marinos debido a los estudios sísmicos, perforación y ruidos de los barcos;	6. • Prohibir el uso de explosivos mientras estén en el área los mamíferos marinos sensibles;
7. Degradación de las playas, las instalaciones costaneras y los botes por los derrames de petróleo y los desechos (p.ej., impregnación, bolas de alquitrán, basura y restos provenientes de las instalaciones costa afuera y del transporte);	7. • Implementar normas para la eliminación de los desechos sólidos, y los desperdicios sanitarios y domésticos;  • Exigir que se señalen todos los materiales sueltos y equipos de los buques y plataformas (especialmente los barriles, cajas, etc.);
8. Obstrucción del tráfico marino debido a las instalaciones costa afuera;	8. • No se deben ubicar plataformas en las rutas marinas;
9. Pérdida o reducción de las áreas de pesca y sitios turísticos;	9. • No se deben situar plataformas en las áreas que tengan importancia pesquera o recreativa;
10. Degradación del panorama del mar (debido a los buques y plataformas de perforación);	10. • Pinte las estructuras para que se combinen con el color de trasfondo (el agua y el cielo);

**Tabla 10.5. Desarrollo de Petróleo y Gas—Costa Afuera (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
11. Congestión y mayor número de accidentes marinos en la zona costanera (debido al mayor tráfico de buques);	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camuflar las estructuras (sin embargo, al reducir la visibilidad de los buques de perforación o plataformas, se puede aumentar los riesgos para la navegación);</li> <li>• Donde sea posible, utilice unidades de producción submarinas, o de fondo de mar.</li> </ul>
12. Molestias a los seres humanos y la fauna a causa de los mayores niveles de ruido en el área costanera debido al tráfico aéreo y marítimo, y las operaciones de las instalaciones;	<ul style="list-style-type: none"> <li>11. • Establecer y publicar las rutas marinas utilizadas por el tráfico de trasbordador;</li> <li>• Cuando sea posible, evite las áreas que usan intensivamente los botes recreativos o pesqueros;</li> </ul>
12. Molestias a los seres humanos y la fauna a causa de los mayores niveles de ruido en el área costanera debido al tráfico aéreo y marítimo, y las operaciones de las instalaciones;	<ul style="list-style-type: none"> <li>12. • Reducir al mínimo el tráfico aéreo sobre las áreas pobladas;</li> </ul>
13. Pérdida de las áreas de la playa debido al oleoducto y las instalaciones y soporte (p.ej., uso de la tierra, impacto de las actividades de limpieza de derrames, uso de dispersantes, tráfico, trastorno causado por las actividades de limpieza y contaminación del suelo);	<ul style="list-style-type: none"> <li>13. • Evite las playas turísticas muy populares;</li> </ul>
14. Lesiones/muertes debido a los accidentes de tránsito y la operación de las instalaciones;	<ul style="list-style-type: none"> <li>14. • Implementar capacitación periódica y recordatorios permanentes sobre la seguridad, para todo el personal operativo;</li> <li>• Exigir la realización de los ejercicios periódicos relacionados con los procedimientos de emergencia;</li> </ul>

Tabla 10.5. Desarrollo de Petróleo y Gas—Costa Afuera (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
15. Contaminación de los acuíferos subterráneos (p.ej., pozos);	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegúrese de que todos los visitantes sean informados de los riesgos potenciales y las precauciones de seguridad necesarias;</li> <li>• Verifique la disponibilidad de los equipos apropiados de seguridad y rescate, y que los empleados hayan sido entrenados para su utilización;</li> <li>• Instalar válvulas de seguridad y alarmas en los sistemas submarinos de completación de los pozos, implementando monitoreo en las plataformas de producción y en las instalaciones en tierra;</li> </ul> <p>15. • Exigir el uso de las prácticas correctas de perforación, el entubado apropiado, y el sellamiento de todos los acuíferos durante la perforación;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegúrese que todos los acuíferos se hayan sellado correctamente antes de la completación, o el abandono del pozo;</li> </ul>
16. Mayores demandas para las instalaciones y servicios comunitarios en el área costanera;	<p>16. • Antes del desarrollo, exigir los estudios socioeconómicos de las comunidades, que potencialmente, serán afectadas, a fin de identificar todos los posibles impactos en cuanto a los servicios, la infraestructura, el desplazamiento y los conflictos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden tratar estos impactos mediante las siguientes actividades:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• donaciones a la comunidad;</li> <li>• préstamos;</li> <li>• prepago de impuestos;</li> <li>• implementación por fases del desarrollo del petróleo y gas;</li> <li>• construcción de las instalaciones necesarias en la comunidad;</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 10.5. Desarrollo de Petróleo y Gas—Costa Afuera (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
17. Conflictos con las culturas, tradiciones y estilos de vida de los nativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben establecer, oportunamente, relaciones de trabajo abiertas y cooperativas con las comunidades locales, y mantenerlas durante la vida del proyecto;</li> <li>• Se debe alentar a los trabajadores del proyecto a que participen en los asuntos de la comunidad;</li> </ul> <p>17. Instruir a todos los empleados para asegurar que sean conscientes y sensibles en cuanto a la cultura, las tradiciones y los estilos de vida de la gente local.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegúrese que los líderes nativos estén conscientes de las actividades que se proyectan, que reciban ayuda para la identificación de los impactos que puedan ser de particular preocupación, y que tengan voz en cuanto a las medidas de atenuación;</li> <li>• Parte de la atenuación puede ser, aislar la fuerza laboral del proyecto de la comunidad nativa.</li> </ul>

## **DESARROLLO DE PETROLEO Y GAS - EN TIERRA**

1. Esta categoría incluye la búsqueda, exploración, desarrollo y producción de los recursos de petróleo y gas, en tierra. Típicamente, los estudios geológicos y geofísicos se realizan en áreas muy amplias, a fin de identificar los objetivos favorables para exploración. Esto es seguido por un estudio más intensivo, probando y perforando las áreas seleccionadas, para localizar y evaluar los recursos de petróleo y gas. Los medios de producción incluyen los pozos y bombas, distribuidos en todo el campo, las líneas de recolección y transporte, los tanques de almacenamiento y algunas unidades de procesamiento primario. Los proyectos del Banco Mundial incluyen la exploración inicial de grandes regiones, y el desarrollo de las instalaciones de producción de petróleo, gas natural y los subproductos. Los proyectos de producción pueden incluir la recuperación secundaria o mejorada.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

2. Los caminos hacia las áreas no desarrolladas pueden causar la alteración de la superficie, ruido del tráfico y mayor acceso. La exploración sísmica incluye el ruido y la molestia proveniente de las cargas explosivas, sea en los pozos poco profundos, o en la superficie de la tierra. Los pozos exploratorios o para pruebas geológicas, implican la profunda alteración de la superficie, en el sitio del pozo, los caminos de acceso, el campo de aviación, el ruido del tráfico de los camiones o aviones, construcción y operación, emisiones atmosféricas del tráfico y las operaciones de perforación, y la descarga de los fluidos de perforación, que son contaminados por los aditivos del lodo, el agua de la formación y el petróleo. Los caminos de acceso, las operaciones sísmicas y los pozos exploratorios tienen el potencial para causar deterioro en los recursos culturales y los ecosistemas frágiles, y pueden afectar, negativamente, a las comunidades nativas, si su ubicación y diseño no son adecuados. Si estas actividades se planifican, se diseñan y se realizan, correctamente, tal como explica en detalle la Tabla 10.6, los impactos deben ser temporales.

3. La producción del petróleo y el gas requiere múltiples actividades industriales en el sitio durante la vida del yacimiento. La construcción de las plataformas, los caminos de acceso, el(los) campo(s) de aviación, los oleoductos de recolección y transporte y las instalaciones auxiliares de apoyo causarán mucha alteración de la superficie, tráfico de construcción, ruido y emisiones atmosféricas y una afluencia de trabajadores de construcción. La producción de los campos pequeños y la producción inicial de los grandes, puede ser llevada a las refinerías por camión, aumentando el tráfico, los accidentes y los derrames de petróleo. En las áreas remotas, se requerirán instalaciones para el personal permanente de operación y mantenimiento. Las operaciones de la producción limitan los otros usos de la tierra en el área. Habrá ruido y emisiones atmosféricas permanentes, como resultado de la operación de los equipos, la descarga de las aguas producidas tratadas y los derrames de petróleo. Puede haber contaminación atmosférica a causa de la quema de los gases indeseables, las descargas del gas sulfuroso (sulfuro de hidrógeno), y la quema de los pozos de desechos de petróleo. (Ver otros ejemplos en la Tabla 10.7 al final de esta sección.)

4. Los accidentes catastróficos potenciales que pueden ocurrir, incluyen la reventazón del pozo y la liberación incontrolada de petróleo y/o gas, y posiblemente un incendio (con los productos de la combustión) en la refinería o la planta de procesamiento de gas.

**Tabla 10.6. Lista de Verificación--Desarrollo de Petróleo y Gas En Tierra**

**1. Producción**

- Zona(s) de Producción: Reservas, profundidad, área, estructura, relación de petróleo/gas/agua, tipo de petróleo, tipo(s) de gas, presiones;
- Operaciones: Preparación del sitio, espacio entre los pozos, período de puesta en marcha (tasa de producción, transporte de los productos, vida del yacimiento, desechos sanitarios), control de contaminación, monitoreo, planes de respuesta y recuperación en caso de derrames;
- Emisiones Atmosféricas: La cantidad y, donde sea posible, la composición de las emisiones: polvo, venteo, quema en el mechero, quema en el pozo de desechos, combustión, emisiones de los equipos, derrames y fugas de petróleo;
- Descarga de las Aguas Servidas: Cantidad y composición proyectada; método de tratamiento/eliminación (agua de producción, desechos sanitarios);
- Servicios: Servicios públicos (tipo, fuente, carga), caminos, campos de aviación, ferrocarriles, protección contra incendios, seguridad;
- Uso de la Tierra: Área del campo, rutas para el transporte y los servicios públicos, oleoductos, edificios y estructuras (en el campos y en las estaciones a lo largo del oleoducto);
- Equipos: Tipo y número para la preparación del sitio, perforación, producción, transporte, separación y eliminación de las aguas servidas, transporte de los desechos, bombeo, reclamación, transporte de los suministros y los trabajadores;
- Suministros: Lodos de perforación, tubería, químicos, agua, combustible;
- Personal: Fases de construcción, producción, reclamación, cantidad y destrezas, fuente, planes de vivienda;

**2. Recursos Ambientales**

- Geología: Stratigrafía, estructura, modelos de fracturación, historia sísmica;
- Agua Freática: Profundidad y espesor de los acuíferos, cantidad y calidad, aspectos hidráulicos, recarga, usos;
- Aguas superficiales: Calidad, cantidad, variaciones temporales, usos;
- Suelo: Perfil del suelo (profundidad, tipo, características);
- Vegetación: Tipos, densidad, especies o comunidades raras o significativas, humedales;
- Fauna: Residente o casual, poblaciones, especies raras o significativas, habitats importantes;
- Topografía: Modelos de drenaje, elevaciones y taludes, aspectos prominentes;
- Clima: Modelos de precipitación (cantidad, frecuencia, tipo), calidad del aire, modelos de viento (dirección, velocidad, frecuencia), temperatura, zona climática;

**3. Factores Socioeconómicas**

- Comunidades cercanas: Ubicación, acceso, población (número, características demográficas y sociales); economía (tasa de empleo, distribución de ingresos, base tributaria); servicios (tipos, capacidad, suficiencia) y vivienda; la cuestión es su capacidad para, (a) proveer la fuerza laboral, (b) atender el nuevo desarrollo y (c) absorber y adaptarse al crecimiento (inmigración de trabajadores/familias);
- Uso de la Tierra: Intensivo y casual, a tiempo completo o temporal, real y proyectado, áreas de designación especial (parques, refugios, reservaciones, tierras silvestres), características artificiales (estructuras, caminos, servicios públicos);
- Cultural: Sitios históricos, sitios arqueológicos, sitios religiosos o de cosecha de los indígenas;

**4. Marco Reglamentario**

- Leyes, reglamentos, políticas, normas y requerimientos ambientales pertinentes, monitoreo y ejecución: aire, agua, desechos, ruido, reclamación, controles y aprobaciones del uso de la tierra, protección de los recursos culturales e históricos;
- Designación y protección de áreas y recursos especiales: parques, refugios, tierras silvestres, comunidades ecológicas frágiles, especies amenazadas de flora y fauna, comunidades indígenas (incluyendo los sitios religiosos y áreas de cosecha/cacería o subsistencia);
- Autoridad/voluntad para requerir atenuación especial: ayuda comunitaria, desarrollo por etapas o fases, aislamiento de la fuerza laboral de desarrollo, estudios y monitoreo pre y posdesarrollo (con acción correctiva cuando sea necesario), entrenamiento de los trabajadores, transporte masivo para la fuerza laboral.

## **Temas de los Recursos Naturales**

### **Agua**

5. La contaminación de las aguas superficiales locales puede ser causada por el manejo incorrecto de los fluidos de perforación y el agua producida, fugas de los oleoductos, pozos y tanques de almacenamiento, escurrimiento de las aguas lluvias de los caminos, plataformas y otras superficies pavimentadas o compactadas, el manejo incorrecto de las aguas servidas domésticas y los desechos del mantenimiento de los equipos y la erosión de los suelos alterados. Si se toma el agua para la perforación y uso doméstico de las fuentes locales, puede disminuirse las existencias que están disponibles para los nativos o la fauna. Si se coloca, incorrectamente, la tubería de revestimiento, pueden contaminarse los acuíferos. Los accidentes, como las roturas del oleoducto o los tanques de almacenamiento, pueden ser el resultado de su instalación incorrecta o el mal mantenimiento, la edad de los equipos, actos de terceros (sabotaje, choques, etc.) y eventos sísmicos (hundimiento del suelo). Rara vez, las condiciones de perforación inesperadas causarán la reventazón del pozo, provocando una liberación incontrolada de grandes volúmenes de petróleo y/o gas y aguas de formación, hacia las aguas superficiales.

### **Aire**

6. Las partículas que se transportan en la atmósfera son causadas por la alteración del suelo durante las actividades de construcción y el tráfico vehicular y la erosión de viento sobre los caminos de tierra y otras superficies movidas. Los otros contaminantes, así como las partículas, serán el resultado de la quema de los pozos de desechos y los diferentes desperdicios y la quema del gas en el mechero. Las emisiones de hidrocarburos serán el resultado del desfogue del sistema, cualquier fuga o derrame y los residuos de los desechos de la producción. Los vehículos y los equipos con motores a gasolina o diesel emitirán CO, NOx, etc. Si se producen cantidades pequeñas de gas, junto con el petróleo, éstas pueden ser desfogadas o quemadas en el mechero. Las emisiones de esta fuente incluyen el gas azufrado (H<sub>2</sub>S), CO<sub>2</sub>, metano, etc. La reventazón del pozo puede causar una gran liberación incontrolada de gas natural, o H<sub>2</sub>S, o un incendio (con importantes emisiones de NOx, SOx, CO y TSP).

### **Tierra**

7. La construcción de los caminos, campos de aviación, sitios de perforación e instalaciones de producción implica la remoción de la vegetación y, usualmente, alguna modificación de la topografía. Puede ser necesario desbrozar las líneas sísmicas si la vegetación es tupida. Será eliminada la vegetación combustible alrededor de los pozos, oleoductos y tanques de almacenamiento e instalaciones auxiliares de producción, durante la vida del proyecto. Puede haber alguna modificación a raíz de la siembra de especies no nativas, utilizadas para controlar la erosión. La reducción o modificación de la vegetación puede reducir el forraje del ganado, los habitats de la fauna y la producción de madera. Se puede dañar o destruir, inconscientemente, las áreas ecológicas frágiles, los habitats críticos de la fauna y las especies amenazadas de la flora. Los caminos de acceso y las plataformas de perforación pueden modificar, drenar o rellenar los humedales. La reducción o pérdida de los habitats y las actividades humanas permanentes provocarán alguna pérdida de la población de la fauna, y las especies sensibles pueden ser eliminadas del área.

## **Temas Socioculturales**

8. La búsqueda y la exploración son usos de la tierra a corto plazo y que no son intensivos, y su efecto sobre las actividades existentes no relacionadas con el petróleo o el gas, será mínimo. En las áreas remotas, estas actividades pueden ser implementadas desde el aire, eliminando así la necesidad (o intrusión) de caminos de acceso. Las actividades de

producción, en cambio, limitarán los otros usos de las áreas desarrolladas durante la vida del yacimiento. La producción que se realiza en las áreas remotas implicará nuevos caminos de acceso y sitio(s) para ciudad(es).

9. La construcción y las otras actividades que alteran la tierra pueden, inconscientemente, dañar o destruir los recursos culturales, los sitios históricos o los sitios de importancia religiosa para los grupos nativos. La mayor presencia de seres humanos puede inducir vandalismo en los sitios no protegidos.

10. Las instalaciones de perforación y producción, transporte y procesamiento interferirán, en cierto grado, con las otras actividades del área. Será una distracción el ruido del tráfico de los camiones y los aviones, y los equipos de perforación, bombeo y procesamiento. La inmigración de los trabajadores puede sobrecargar los servicios comunitarios, causar conflictos económicos, sociales o culturales, o desplazar la población local. Existe el potencial del fenómeno de la "bonanza y quiebra". La fuerza laboral inicial de exploración y construcción es temporal, usualmente, y muy pronto la reemplaza el personal permanente de operación. El control y limpieza de un derrame mayor de petróleo, una reventazón o un incendio, requiere la formación y despliegue de grandes equipos, materiales y suministros frente a la emergencia, y crea un trastorno severo, pero temporal, en las comunidades cercanas y las otras actividades del área.

## **Temas Especiales**

### **Áreas Costaneras y Humedales**

11. Se puede realizar exploración en los humedales, saladares y agua costaneras de poca profundidad, con un mínimo de interrupción, utilizando helicópteros y/o caminos temporales. La producción requerirá un camino de acceso al campo, las plataformas, los separadores y a los tanques de almacenamiento, servicios públicos, líneas de recolección y el oleoducto de productos. Son preocupaciones especiales las modificaciones que puede sufrir el régimen hidrológico del humedal debido a los caminos y los corredores de los oleoductos, la degradación de la calidad del agua y la vegetación de estas áreas tan productivas, y por las fugas o derrames del lodo de perforación, el petróleo y el agua producida, y la pérdida de los humedales debido a la construcción de los caminos y las plataformas de perforación y producción. En las aguas costaneras de poca profundidad, las calzadas elevadas que se dirigen a los sitios de producción pueden bloquear el movimiento de los peces, paralelo a la costa, a menos que existan aperturas, y los cambios en la corriente pueden afectar las playas locales.

### **Áreas Frágiles y Tierras Silvestres**

12. Al realizar exploración en las áreas remotas utilizando transporte aéreo para evitar la necesidad de tener caminos de acceso, se requieren muchos viajes de helicópteros grandes (o aviones de carga, si existen campos de aterrizaje). El ruido de los vuelos puede molestar a la fauna sensible y malograr las visitas de los turistas a la selva. La producción requerirá la introducción de caminos, oleoductos y servicios públicos al área; sin embargo, el mejor acceso puede estimular la invasión e inducir el desarrollo. Esto puede causar conflictos con la cultura nativa, alterar los habitats de la fauna sensible, o destruir los valores de la selva.

## **Alternativas del Proyecto**

13. Aparte de la alternativa de "no hacer nada" o de no continuar con todo o parte del proyecto, las alternativas para las actividades/instalaciones de exploración y producción se relacionan, generalmente, con el tipo y grado de atenuación que será necesaria. Las medidas especiales de atenuación pueden ser adaptadas al proyecto específico. Como en general, se prefieren los oleoductos a los camiones para transportar el producto, las

alternativas deben incluir opciones en cuanto a las posibles rutas. Para las instalaciones de tratamiento, deberían incluirse alternativas de opciones de localización.

### **Administración y Capacitación**

14. El elemento básico del desarrollo seguro de petróleo y gas en tierra, es tener un conjunto adecuado de reglamentos, un personal de inspección competente y ejecución efectiva. Los aspectos claves que deben ser considerados en los sitios de exploración, desarrollo y producción incluyen la instalación, inspección y mantenimiento de todos los equipos de seguridad obligatorios, y la capacitación de los trabajadores en su uso mediante instrucción y ejercicios de emergencia. Otros ítems claves incluyen los dispositivos de prevención de reventazones, el equipo contra incendios, las alarmas de detección de gas y protección contra sulfuro de hidrógeno, las líneas de evacuación de las torres, y la capacidad para responder a un derrame. Se deberán instalar en los oleoductos los equipos automáticos de cierre y monitoreo de la presión, los mismos que deberán ser inspeccionados y probados, periódicamente. Los requerimientos de capacitación y equipos de seguridad de las plantas de procesamiento son similares a los que están vigentes en las plantas complejas de químicos industriales, con particular énfasis en la prevención y supresión de incendios, el control y detección de gas y la respuesta a los derrames.

### **Monitoreo**

15. Los requerimientos de monitoreo incluyen las emisiones atmosféricas y las descargas de desechos de las plataformas de perforación y producción, y de las plantas de procesamiento; se deben realizar verificaciones visuales de la integridad de los pozos de lodos y los diques de los tanques, y las áreas alrededor de los pozos, rutas de los oleoductos, tanques de almacenamiento y puntos de transferencia para detectar derrames o fugas. Se pueden establecer requerimientos especiales de monitoreo, para detectar, oportunamente, los impactos en los recursos específicos, conjuntamente con las medidas de atenuación. El monitoreo de las plantas de procesamiento incluye la obtención permanente de muestras de la calidad del aire en el sitio y en los linderos (sacamuestras automáticas), chequeos visuales diarios para detectar derrames alrededor de los tanques, oleoductos, o puntos de transferencia, el control frecuente del drenaje superficial, aguas abajo, (visualmente y mediante muestras de agua) y la obtención periódica de muestras de los niveles inferiores del agua freática del sitio (pozos de monitoreo).

**Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
1. Alteración de los recursos culturales, sitios históricos, vegetación, humedales, drenaje superficial y fauna;	1. • Requerir la realización de los estudios apropiados de las áreas que puedan ser afectadas por el proyecto, antes de cualquier alteración; típicamente, esto incluirá lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• un inventario de los recursos culturales e históricos;</li> <li>• un inventario de la flora y fauna de la región;</li> <li>• identificación de las características topográficas significativas;</li> <li>• un inventario de los oleoductos y cables existentes;</li> </ul> • Las medidas de atenuación basadas en los conflictos sobre los recursos que se han identificado pueden incluir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• anulación;</li> <li>• sincronización de las operaciones;</li> <li>• recuperación y registro de los recursos culturales e históricos;</li> <li>• compensación de las pérdidas, mediante la protección o mejoramiento de los recursos comparables de la región.</li> </ul>
2. Degradación de las aguas superficiales debido a la erosión de los suelos de las áreas alteradas, la descarga de los lodos de perforación y aguas producidas, desechos del mantenimiento de los equipos y desperdicios sanitarios y domésticos;	2. • Requerir el control del escurrimiento de las aguas lluvias y pronta resiembra de las áreas alteradas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enterrar los lodos y ripios de perforación.</li> <li>• Reinyectar las aguas de formación producidas.</li> <li>• Emplear buenas prácticas de limpieza en los sitios de perforación y producción para reducir al mínimo las fugas y derrames.</li> </ul>

Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
3. Degradación de la calidad del aire debido a las emisiones rutinarias de la operación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar los desechos sanitarios y domésticos y las aguas de limpieza y los solventes para que cumplan con las normas de calidad, antes de descargarlos.</li> <li>• Limpiar, oportunamente, cualquier derrame (petróleo, lodo de perforación, agua de formación).</li> <li>• Se deben establecer normas de calidad para todas las descargas de aguas servidas.</li> </ul> <p>3. • Requerir la instalación y operación de los aparatos apropiados de control de contaminación en todos los generadores y bombas a diesel, y que se controlen los vapores de los hidrocarburos en todos los puntos de transferencia de petróleo o gas.</p>
4. Mortandad de la fauna y reducción de su reproducción debido a la alteración o pérdida de los habitats, muerte en las carreteras y cacería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigir limpieza rápida de cualquier derrame de petróleo.</li> <li>• Reducir al mínimo los desfuegos durante la producción.</li> </ul> <p>4. • Prohibir o restringir la alteración de los habitats y humedales importantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcar las cruces de la fauna en las carreteras.</li> <li>• Prohibir la posesión de armas de fuego en el área.</li> </ul>
5. Modificación de la vegetación e introducción de especies no nativas.	<p>5. • Exigir la reclamación oportuna de las áreas alteradas, y su resiembra con especies nativas.</p>

**Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
6. Degradación y pérdida de la vegetación (y la productividad del suelo) debido a la descarga de las aguas producidas, el petróleo y los lodos de perforación.	6. • Exigir el uso de cierres de emergencia y controlar y limpiar, oportunamente, los derrames de petróleo y aguas producidas.  • Reducir al mínimo los trastornos del suelo y la vegetación, requeridos para la operación y la seguridad.
7. Conflictos sobre el uso de la tierra.	7. • Consultar con los usuarios locales de la tierra acerca de la selección de los caminos de acceso, campos de aviación y líneas de energía eléctrica, y tanto como sea posible, la ubicación de las instalaciones de producción.  • Donde sean compatibles con las operaciones, permitir la continuación de los otros usos de la tierra en el sitio.
8. Degradación de las áreas remotas a causa del mejor acceso y mayor uso.	8. • Utilizar el transporte aéreo para tener acceso a las áreas remotas durante la etapa inicial de exploración.  • Restringir el uso de los caminos de acceso. • Eliminar y reclamar todos los caminos de acceso al final del período de producción. • Reducir al mínimo la necesidad de desarrollar comunidades, rotando los equipos de trabajadores y evitando su establecimiento permanente.
9. Daños a las carreteras, accidentes y retraso de la circulación debido al mayor tráfico de camiones en los caminos locales.	9. • Observar los límites de carga de las carreteras.

Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
<p>10. • Alteración del paisaje a causa de los pozos, tanques e instalaciones de producción.</p> <p>• Desbroce de los derechos de vía lineales para oleoductos, servicios públicos, caminos y plantas de procesamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar carreteras con adecuada capacidad y visibilidad.</li> <li>• Asegurar que los caminos dispongan de la señalización adecuada, que los vehículos sean bien mantenidos, y que los choferes sean capacitados y conscientes de la seguridad.</li> <li>• Obligar a las personas que viajen al trabajo, que vengan juntos en los autos particulares, o proveer buses.</li> </ul> <p>10. • Pintar las estructuras para que combinen con el trasfondo (la vegetación y el cielo).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar los contrastes de colores.</li> <li>• Utilizar corredores para los servicios públicos.</li> <li>• Reducir el desbroce al mínimo y combinar la vegetación donde sea posible.</li> </ul>
<p>11. La molestia causada a la gente y a la fauna por el ruido de los estudios sísmicos, perforación, bombeo y plantas de procesamiento.</p>	<p>11. • Evitar las explosiones sísmicas, vuelos muy bajos, y los otros ruidos fuertes y repentinos en las áreas que son críticas para la fauna, especialmente durante el período de celo o anidamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir silenciadores adecuados en los equipos a diesel.</li> </ul>
<p>12. La muerte de las aves y los animales en los pozos de lodo.</p>	<p>12. • Reducir al mínimo el número y área de los pozos de lodo, y exigir que sean drenados, cerrados o cubiertos (con malla), oportunamente, cuando no estén en uso.</p>

Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
13. Lesiones y muerte a causa de los accidentes.	<p>13. • Implementar capacitación periódica y recordatorios permanentes sobre la seguridad, para todo el personal operativo.</p> <p>• Exigir la realización de los ejercicios periódicos de los procedimientos de emergencia.</p> <p>• Asegúrese de que todos los visitantes sean informados de los riesgos potenciales y las precauciones de seguridad necesarias.</p> <p>• Verifique la disponibilidad de los equipos apropiados de seguridad y rescate, y que los empleados hayan sido entrenados para su utilización.</p> <p>• Instalar válvulas de seguridad subterráneas en los pozos de producción de gas.</p>
14. Contaminación de los acuíferos subterráneos;	<p>14. • Exigir el uso de las prácticas correctas de perforación, el entubado apropiado, y el sellamiento de todos los acuíferos durante la perforación.</p> <p>• Asegúrese que todos los acuíferos se hayan sellado correctamente antes de la terminación, o abandono del pozo.</p> <p>• Revestir todos los pozos de almacenamiento de lodo, o de fluidos de desecho.</p>

Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
15. Mayor demanda sobre los servicios y medios de las comunidades locales, conflictos sociales y culturales, preocupación por la estabilidad de la comunidad (situación de bonanza y quiebra).	<p>15. • Antes del desarrollo, exigir estudios socioeconómicos de las comunidades que, potencialmente, serán afectadas, a fin de identificar todos los posibles impactos en los servicios, la infraestructura, el desplazamiento y los conflictos.</p> <p>• Se pueden tratar estos impactos mediante las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• donaciones a la comunidad;</li> <li>• préstamos;</li> <li>• prepago de los impuestos;</li> <li>• implementación por fases del desarrollo del petróleo y el gas;</li> <li>• construcción de las instalaciones necesarias en la comunidad;</li> </ul> <p>• Se debe establecer, oportunamente, relaciones de trabajo abiertas y cooperativas con las comunidades locales, y mantenerlas durante la vida del proyecto.</p> <p>• Se debe alentar a los trabajadores del proyecto a que participen en los asuntos de la comunidad.</p>
16. Conflictos con las culturas, tradiciones y estilos de vida de los nativos.	<p>16. • Instruir a todos los empleados para asegurar que estén conscientes y sensibles en cuanto a la cultura, las tradiciones y los estilos de vida de la gente local.</p> <p>• Asegúrese que los líderes nativos estén conscientes de las actividades que se proyectan, que reciban ayuda para la identificación de los impactos que puedan ser de particular preocupación, y que tengan voz en cuanto a las medidas de atenuación.</p>

Tabla 10.7. Desarrollo de Petróleo y Gas—En Tierra (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
17. Hundimiento de la superficie de la tierra.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Parte de la atenuación puede ser aislar la fuerza laboral del proyecto de la comunidad nativa.</li></ul>
18. Uso del agua superficial o freática local.	<ul style="list-style-type: none"><li>17. • Reinyectar el agua producida y agua adicional para reponer el volumen del petróleo extraído</li><li>18. • Obtener agua de los acuíferos no utilizados.</li><li>• Se puede emplear agua no potable para la perforación, para rociar en los caminos y para riego.</li></ul>

## **PROYECTOS HIDROELECTRICOS**

1. Los proyectos hidroeléctricos incluyen las represas, los reservorios, los canales, los conductos, las centrales eléctricas y las playas de distribución que se emplean para generar electricidad. La represa y el reservorio pueden ser multipropósitos; si las características de lluvia en la cuenca hidrográfica y el caudal del río, y los modelos de uso del agua y la energía permiten, los reservorios hidroeléctricos pueden proporcionar uno o más de los siguientes servicios: riego, control de inundación, fuente de agua, recreación, pesca, navegación, control de sedimento, control de los atascamientos de hielo y control de las roturas de los lagos glaciales. Sin embargo, estos usos compiten por el agua que está almacenada en el reservorio, y cada uno puede implicar un modo de operación diario o anual diferente del reservorio.
2. En un proyecto hidroeléctrico, por ejemplo, el operador optimiza los beneficios energéticos, variando el nivel del reservorio según las normas que se aproximen a la trayectoria del reservorio durante un año muy seco. Para controlar las inundaciones, el operador bajará el nivel del reservorio para disponer del volumen máximo para retención de las inundaciones al inicio de la temporada de lluvia. Los reservorios de riego se llenan y se ocupa el agua según las temporadas de crecimiento de los cultivos que están bajo riego. Durante la planificación del proyecto y el desarrollo de la curva de uso, se debe resolver cualquier conflicto entre los usos competitivos.
3. Los proyectos hidroeléctricos, necesariamente, implican la construcción de líneas de transmisión para transportar la energía a los usuarios. Estas se tratan, en forma separada, en la sección sobre "Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica".

### **Impactos Ambientales Potenciales**

4. La construcción y operación de la represa y el reservorio constituyen la fuente principal de impactos del proyecto hidroeléctrico (ver la sección "Represas y Reservorios)". Los proyectos de las represas de gran alcance pueden causar cambios ambientales irreversibles, en una áreas geográfica muy extensa; por eso, tienen el potencial de causar impactos importantes. Ha aumentado la crítica de estos proyectos durante la última década. Los críticos más severos sostienen que los costos sociales, ambientales y económicos de estas represas pesan más que sus beneficios y que, por lo tanto, no se justifica la construcción de las represas grandes. Otros mencionan que, en algunos casos, los costos ambientales y sociales puede ser evitados o reducidos a un nivel aceptable, si se evalúan, cuidadosamente, los problemas potenciales y se implementan medidas correctivas que son costoefectivas.
5. El área de influencia de una represa se extiende desde los límites superiores del reservorio hasta los esteros y las zonas costaneras y costa afuera, e incluyen el reservorio, la represa y la cuenca del río, aguas abajo de la represa. Hay impactos ambientales directos asociados con la construcción de la represa (p.ej., el polvo, la erosión, problemas con el material prestado y de los desechos), pero los impactos más importantes son el resultado del embalse del agua, la inundación de la tierra para formar el reservorio, y la alteración del caudal de agua, más abajo. Estos efectos ejercen impactos directos en los suelos, la vegetación, la fauna y las tierras silvestres, la pesca, el clima y la población humana del área. (Ver la Tabla 10.8 al final de esta sección para otros ejemplos y las medidas de atenuación que se recomiendan.)
6. Los efectos indirectos de la represa incluyen los que se asocian con la construcción, el mantenimiento y el funcionamiento de la represa (p.ej., los caminos de acceso, los campamentos de construcción, las líneas de transmisión de energía) y el desarrollo de las actividades agrícolas, industriales o municipales que posibilita la represa.

7. Además de los efectos directos e indirectos de la construcción de la represa sobre el medio ambiente, se deberán considerar los efectos del medio ambiente sobre la represa. Los principales factores ambientales que afectan el funcionamiento y la vida de la represa son aquellos que se relacionan con el uso de la tierra, el agua y los otros recursos en las áreas de captación aguas arriba del reservorio (p.ej., la agricultura, la colonización, el desbroce del bosque) que pueden causar una mayor acumulación de limos, y cambios en la cantidad y calidad del agua del reservorio y del río. Se tratan estos aspectos en los estudios de ingeniería.

8. El beneficio obvio del proyecto hidroeléctrico es la energía eléctrica, la misma que puede apoyar el desarrollo económico y mejorar la calidad de la vida en el área servida. Los proyectos hidroeléctricos requieren mucha mano de obra y ofrecen oportunidades de empleo. Los caminos y otras infraestructuras pueden dar a los pobladores mayor acceso a los mercados para sus productos, escuelas para sus hijos, cuidado de salud y otros servicios sociales. Además, la generación de la energía hidroeléctrica proporciona una alternativa para la quema de los combustibles fósiles, o la energía nuclear, que permite satisfacer la demanda de energía sin producir agua caliente, emisiones atmosféricas, ceniza y desechos radioactivos. Si el reservorio es, realmente, una instalación multifacética, es decir, si los diferentes propósitos declarados en el análisis económico no son, mutuamente, inconsistentes, los otros beneficios pueden incluir el control de las inundaciones y la provisión de un suministro de agua más confiable y de más alta calidad para riego, y uso doméstico e industrial. La intensificación de la agricultura, localmente, mediante el uso del riego, puede, a su vez, reducir la presión que existe sobre los bosques primarios, los habitats intactos de la fauna, y las áreas en otras partes que no sean adecuadas para la agricultura. Asimismo, las represas pueden crear pesca en el reservorio y posibilidades para producción agrícola en el área del reservorio que pueden más que compensar las pérdidas sufridas por estos sectores debido a su construcción.

## **Temas Especiales**

### **Efectos Hidrológicos y Limnológicos**

9. Al represar un río y crear una laguna, se cambia profundamente la hidrología y limnología del sistema fluvial. Se producen cambios dramáticos en el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, los organismos bióticos y la sedimentación de la cuenca del río. Los proyectos hidroeléctricos, en particular, tienden a crear cambios importantes en los modelos de flujo del río, aguas abajo, porque se controla el almacenamiento y la descarga del agua según los ciclos de demanda energética, y no los ciclos hidrológicos, a los cuales el medio ambiente ribereño está adaptado.

10. La descomposición de la materia orgánica de las tierras inundadas enriquece de alimentos el medio ambiente. Los fertilizantes empleados aguas arriba se suman a los alimentos que se acumulan y se reciclan en el reservorio. Esto soporta no solamente la pesca, sino también el crecimiento de las hierbas acuáticas, como nenúfares y jacintos de agua. Las esteras de hierbas y algas pueden constituir molestias costosas, si obstruyen las salidas de la represa y los canales de riego, destruyen la pesca, limitan la recreación, aumentan los costos de tratamiento del agua, impiden la navegación y aumentan, substancialmente, las pérdidas de agua a causa de la transpiración.

11. Si el terreno inundado tiene muchos árboles y no se lo limpia adecuadamente antes de inundarlo, la descomposición de esta vegetación agotará los niveles de oxígeno en el agua. Esto afectará la vida acuática, y puede causar grandes pérdidas de pescado. Los productos de la descomposición aneróbica incluyen el sulfuro de hidrógeno, que es nocivo para los organismos acuáticos y corroe las turbinas de la represa, y el metano, que es un gas explosivo y de invernadero.

12. El agotamiento del oxígeno ocurre primero en el agua más profunda, donde el oxígeno empleado por la bacteria en el proceso de descomposición no es reemplazado por la fotosíntesis de las plantas. Si la toma para la generación de energía está ubicada a un nivel bajo del reservorio, que, usualmente, es el caso, el agua que se libera de las turbinas puede carecer de oxígeno y tener sulfuro de hidrógeno. Además, puede tener un pH inferior y ser más fría que el agua superficial. Al liberar agua con estas características, se puede afectar, negativamente, las comunidades de plantas y animales del río debajo de la represa.

13. Las partículas en suspensión que trae el río se asientan en el reservorio, limitando su capacidad de almacenamiento y su vida, privando el río de los sedimentos, aguas abajo. Muchas áreas agrícolas de las planicies de inundación han dependido siempre de los limos ricos en alimentos para sostener su productividad. Como el sedimento ya no se deposita, aguas abajo, en la planicie de inundación, esta pérdida de alimentos deberá ser compensada mediante el uso de fertilizantes, para mantener la productividad agrícola. La liberación de las aguas libres de sedimento, relativamente, puede lavar el lecho del río, aguas abajo (que puede ser beneficio, en algunos casos, y perjudicial, en otros).

14. Los efectos adicionales de los cambios en la hidrología de la cuenca del río, incluyen las variaciones en el nivel freático, aguas arriba y abajo del reservorio, y la incursión del agua salada a los esteros, causando impactos ecológicos directos y afectando a los usuarios, aguas abajo.

### **Temas Sociales**

15. A menudo, las comunidades e industrias que se encuentran distantes de la represa disfrutan de los beneficios. Pero los que soportan la mayor parte de los costos ambientales y sociales de la construcción de la represa, a saber: los habitantes del área inundada por el reservorio, posiblemente, no reciban su participación proporcional de los beneficios. Al llenar el reservorio, se produce el desplazamiento involuntario de las personas que viven en el área (en algunos proyectos, cientos de miles o más de un millón de personas), y esto les afecta, profundamente, a ellos y a la gente ya establecida en las áreas de reasentamiento (Para mayor información sobre el "Desplazamiento Involuntario", ver el Capítulo 3). A las personas que permanecen en la cuenca del río, a menudo, se les restringe el acceso al agua, la tierra y los recursos bióticos. Se interrumpe la pesca artesanal ribereña y la agricultura tradicional (tipo recesión) de la planicie de inundación, a causa de los cambios en el caudal y la reducción en el asentamiento de limos. Las planicies de inundación de muchos ríos del trópico son áreas enormes de gran importancia para la población humana y la de los animales; al reducirse el tamaño de estos terrenos, tiene que haber un cambio en el uso de la tierra, si no las poblaciones se verán obligadas a cambiarse de sitio. A menudo, se aumentan las enfermedades relacionadas con el agua (p.ej., la malaria, la esquistosomiasis, la oncocerciasis, la encefalitis), si son endémicas en el área, como resultado de la creación del reservorio y los medios necesarios para su manejo.

16. Los problemas sociales y ambientales surgen de la migración controlada e incontrolada de otros grupos al área, es decir, los trabajadores de la construcción y los empleados de la central hidroeléctrica, los jornaleros temporales que trabajan en las otras actividades inducidas por la represa, y los campesinos que aprovechan el mayor acceso al área gracias a los caminos, líneas de transmisión o mejor transporte fluvial (ver las secciones "Colonización de Nuevas Tierras" y "Desarrollo Inducido" en el Capítulo 3). Las consecuencias son: problemas de la salud, agobiamiento de los servicios públicos, competencia por los recursos, conflictos sociales e impactos ambientales negativos para la cuenca, el reservorio y el valle del río, aguas abajo.

### **Pesca y Fauna**

17. Como se mencionó anteriormente, la pesca ribereña, usualmente, se deteriora, debido a los cambios en el caudal del río, la degradación de la calidad del agua, la pérdida de los sitios de desove y las barreras que impiden la migración de los peces. Sin embargo, se crean

recursos de pesca en el reservorio, que, a veces, resultan más productivos que los que hubieron, anteriormente, en el río.

18. En los ríos que tienen esteros que son, biológicamente productivos, los peces y moluscos sufren debido a los cambios en el flujo y la calidad del agua. Las variaciones en el caudal de agua dulce, y, por tanto, en la salinidad del estero, cambia la distribución de las especies y los modelos de reproducción de los peces. Las variaciones en la cantidad de alimentos y el deterioro en la calidad del agua del río, pueden tener efectos profundos para la productividad del estero. Estos cambios pueden tener resultados importantes para las especies marinas que se alimentan o pasan parte de su ciclo vitalicio en el estero, o que son influenciadas por los cambios en la calidad de las áreas costaneras.

19. El mayor impacto para la fauna se originará en la pérdida de habitat, que ocurre al llenar el reservorio y producirse los cambios en el uso de la tierra de la cuenca. Pueden ser afectados los modelos de migración de la fauna, debido al reservorio y el desarrollo que se relaciona con éste. La caza ilegal y la erradicación de las especies consideradas como plagas agrícolas, tienen un efecto más selectivo. La fauna y las aves acuáticas, los reptiles y los anfibios pueden prosperar gracias al reservorio.

### **Amenaza Sísmica**

20. Existe mucha evidencia que ha relacionado la creación de los reservorios con los eventos sísmicos; sin embargo, la probabilidad de que cause actividad sísmica en las áreas asísmicas es difícil de predecir. En las áreas sísmicas, el reservorio puede adelantar el acontecimiento de un terremoto, con el posible resultado de que los eventos sean más frecuentes pero menos destructivos. La Evaluación Ambiental debe considerar estos dos fenómenos.

### **Manejo de la Cuenca Hidrográfica**

21. Es un fenómeno común, ver el aumento en la presión sobre las áreas altas encima de la represa, como resultado del reasentamiento de la gente de las áreas inundadas y la afluencia incontrolada de los recién llegados al área. Se degrada el medio ambiente del sitio, la calidad del agua se deteriora, y las tasas de sedimentación del reservorio aumentan, a raíz del desbroce del bosque para agricultura, la presión sobre los pastos, el uso de químicos agrícolas, y la tala de los árboles para madera o leña. Asimismo, el uso del terreno de la cuenca alta afecta la calidad y cantidad del agua que ingresa al río. Por eso, es esencial que los proyectos de las represas sean planificados y manejados considerando el contexto global de la cuenca del río y los planes regionales de desarrollo, incluyendo, tanto las áreas superiores de captación, aguas arriba de la represa y la planicie de inundación, como las áreas de la cuenca hidrográfica, aguas abajo.

### **Alternativas del Proyecto**

22. Existe una variedad de alternativas para los proyectos hidroeléctricos propuestos. Individual o colectivamente, pueden influenciar el tamaño, la ubicación y el momento de implementación del proyecto hidroeléctrico propuesto.

- Se puede cambiar la demanda de energía, aplicando medidas de conservación, mejorando la eficiencia, o restringiendo el crecimiento regional;
- Se puede utilizar centrales termoeléctricas o fuentes alternativas de energía, incluyendo cogeneración, por la industria, de energía hidroeléctrica de baja carga hidroestática, biogas, etc.;
- Se puede investigar la posibilidad de ubicar el proyecto en un río que ya tenga una represa, diversificando sus funciones;

- Se debe ubicar la represa propuesta, de tal manera que se reduzcan al mínimo los impactos negativos y sociales;
- Es posible ajustar la altura de la represa, su área de inundación, o el diseño, para reducir los impactos ambientales negativos.

### **Administración y Capacitación**

23. La administración de un proyecto hidroeléctrico unipropósito, típicamente, es la responsabilidad de una empresa eléctrica pública o privada. Los reservorios multipropósitos pueden ser manejados o supervisados por las agencias gubernamentales con la autoridad más amplia para distribuir el agua para los diferentes usos competitivos, aunque no es raro, en algunos países, que la empresa eléctrica proporcione y maneje las áreas recreativas públicas y que venda el agua excedente a otros usuarios. Sea cual fuera el arreglo, es importante que exista la provisión para la planificación coordinada del uso de la tierra y el agua de la cuenca hidrográfica y la región. A menudo, esto se efectúa a través de un consejo para la cuenca del río u otra entidad regional. La sección sobre "Represas y Reservorios" da mayor información sobre este tema.

24. La organización que opera la represa y el reservorio debe tener la responsabilidad de recolectar los datos de línea de base, construir y manejar la represa, producir el plan maestro para el uso del agua, con las estrategias administrativas para regular el reservorio y controlar los vectores de las enfermedades. Ha llegado a ser una práctica común, y es aconsejable en la mayoría de los casos, que la entidad operativa establezca una unidad de manejo ambiental en el nivel del proyecto. Además, se debe consultar a la organización operativa durante la planificación de las fuentes de agua municipal y las plantas de tratamiento de agua, debe ser notificada, y se debe pedir sus comentarios, con respecto a las solicitudes de retiros mayores de agua, descargas de aguas servidas, aguas arriba.

25. La agencia gubernamental responsable por los recursos energéticos debe asegurar que exista cooperación intersectorial, tanto a nivel de las políticas, como en el campo, entre los ministerios gubernamentales que son responsables para los sectores de agricultura, pesca, bosques, ganadería, salud, fauna, turismo, planificación municipal e industrial y transporte.

26. Se debe establecer un programa de monitoreo ambiental y económico. El trabajo de monitoreo puede ser realizado por la agencia ejecutora y/o la organización operativa, o por el consejo de la cuenca del río, si existe. Las disciplinas que deben participar en el diseño del programa y la interpretación de los resultados pueden ser las siguientes: hidrología, limnología, pesca, silvicultura/botánica, ecología de la fauna, ganadería y manejo de los terrenos de pastoreo, sociología rural y salud.

27. Para aprovechar al máximo las oportunidades de capacitación, el personal del proyecto ambiental debe ser contratado, oportunamente, y debe participar en la Evaluación Ambiental, el desarrollo de las medidas de atenuación y el programa de monitoreo y la supervisión de la construcción. Por lo tanto, estará en una mejor posición para entender los aspectos ambientales del proyecto y realizar el monitoreo y manejo ambiental.

### **Monitoreo**

28. No hay ningún programa estándar de monitoreo para un proyecto hidroeléctrico, pero la Evaluación Ambiental debe incluir uno que haya sido diseñado para el proyecto específico. Cuáles de las siguientes variables requieren monitoreo dependerá de las necesidades de información de la administración.

- la lluvia;
- el volumen de agua almacenada en el reservorio;
- el volumen anual de sedimento que ingresa al reservorio;
- la calidad del agua a la salida de la represa y en algunos puntos a lo largo del río, incluyendo:
  - la salinidad;
    - el pH;
    - temperatura
    - la conductividad eléctrica;
    - la turbiedad;
    - el oxígeno disuelto;
    - los sólidos suspendidos
    - los fosfatos;
    - los nitratos;
- el caudal del río en varios puntos, aguas abajo;
- el volumen de agua que se utiliza en el reservorio y aguas abajo, según el tipo de uso;
- la generación de sulfuro de hidrógeno y metano en la represa;
- el muestreo limnológico de la microflora, microfauna, hierbas acuáticas y organismos bénticos;
- evaluaciones de la pesca (especies, poblaciones, tamaño, etc.) del río y del reservorio;
- la fauna (especies, distribución, números);
- el ganado (especies, números, distribución, condición);
- cambios en la vegetación (cubierta, composición de especies, tasas de crecimiento, biomasa) en la cuenca hidrográfica superior, la zona debajo del reservorio y las áreas aguas abajo;
- los impactos en las tierras silvestres, las especies, o las comunidades de plantas de especial importancia ecológica;
- la salud pública y los vectores de las enfermedades;
- la migración de la gente hacia el área y fuera de ella;
- los cambios en el estado económico y social de las poblaciones reasentadas y la gente que permanece en la cuenca.

**Tabla 10.8. Proyectos Hidroeléctricos**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
1. • Efectos, ambientalmente negativos, de la construcción: <ul style="list-style-type: none"> <li>• contaminación del aire y del agua como resultado de la construcción y de la eliminación de los desperdicios;</li> <li>• erosión del suelo;</li> <li>• destrucción de la vegetación;</li> <li>• problemas de saneamiento y salud en los campamentos de construcción.</li> </ul>	1. • Medidas para reducir los impactos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• control de la contaminación del aire y agua;</li> <li>• ubicación cuidadosa de los campamentos, edificios, excavaciones, canteras, depósitos de basura y desechos;</li> <li>• precauciones para reducir la erosión;</li> <li>• reclamos de la tierra;</li> </ul>
2. Dislocación de la gente que vive en la zona inundada.	2. • Reubicar a la gente en una área adecuada; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer compensación en especie por los recursos perdidos;</li> <li>• Proporcionar los servicios adecuados de salud, infraestructura y oportunidades de empleo;</li> </ul>
3. Pérdida de terreno (agrícola, bosques, pastos, humedales) a causa de su inundación para formar el reservorio.	3. • Ubicar la represa de tal modo que se reduzcan las pérdidas; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el tamaño de la represa y el reservorio;</li> <li>• Proteger áreas de igual tamaño en la región para compensar las pérdidas.</li> </ul>
4. Pérdida de propiedades históricas, culturales o ascéticas a raíz de la inundación.	4. • Seleccionar el sitio de la represa, o reducir el tamaño del reservorio para evitar pérdidas; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperar o proteger el patrimonio cultural;</li> </ul>

**Tabla 10.8. Proyectos Hidroeléctricos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
5. Pérdida de tierras silvestres y habitats de la fauna.	5. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la represa o disminuir la magnitud del reservorio para evitar o reducir las pérdidas.</li> <li>• Establecer parques compensatorios o áreas reservadas.</li> <li>• Rescatar a los animales y reubicarlos.</li> </ul>
6. Proliferación de las hierbas acuáticas en el reservorio y aguas abajo, impidiendo la descarga de la represa, los sistemas de riego, la navegación y la pesca, y mayores pérdidas de agua por transpiración.	6. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar la vegetación lignosa de la zona del reservorio antes de inundarla (eliminar los nutrientes).</li> <li>• Disponer medidas para controlar la maleza.</li> <li>• Cosechar la vegetación para compost, forraje o biogas.</li> <li>• Regular la descarga del agua y manipular los niveles de la misma para desalentar el crecimiento de la maleza.</li> </ul>
7. Degradación de la calidad del agua del reservorio.	7. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar la vegetación lignosa de la zona del reservorio antes de inundarla.</li> <li>• Controlar el uso de la tierra, las descargas de las aguas servidas y la aplicación de agroquímicos en la cuenca hidrográfica.</li> <li>• Limitar el tiempo de retención del agua en el reservorio.</li> <li>• Instalar salidas a diferentes niveles para evitar la descarga de agua sin oxígeno.</li> </ul>

**Tabla 10.8. Proyectos Hidroeléctricos (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos (continuación)</b>	
8. Sedimentación del reservorio y pérdida de su capacidad de almacenamiento.	8. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar el uso de la tierra en la cuenca hidrográfica (prevenir, especialmente, la tala de los bosques para agricultura.</li> <li>• Implementar actividades de reforestación y/o conservación de suelos en las cuencas hidrográficas (efecto limitado).</li> <li>• Eliminar, hidráulicamente, los sedimentos (lavado, corrientes de agua, liberación de corrientes de alta densidad).</li> <li>• Operar el reservorio de tal manera que se reduzca la sedimentación (significa la pérdida de ciertos beneficios energéticos).</li> </ul>
9. Formación de depósitos de sedimento en la entrada del reservorio, creando un efecto de contracorriente, e inundando y saturando las áreas, aguas arriba.	9. Lavar el sedimento, corrientes de agua.
10. Lavado del lecho del río, aguas abajo de la represa.	10. Diseñar una trampa eficiente, para eliminar el sedimento (p.ej., lavar el sedimento, corrientes de agua) para aumentar el contenido de sal del agua liberada.
11. Reducción de la agricultura en la planicie de inundación (recesión).	11. Regular la liberación de agua de la represa para duplicar, parcialmente, el sistema natural de inundación.
12. Salinización de los terrenos aluviales.	12. Regular el flujo para reducir el efecto.
13. Intrusión del agua salada a los esteros y aguas arriba.	13. Mantener un caudal mínimo, por lo menos, para impedir la intrusión.

**Tabla 10.8. Proyectos Hidroeléctricos (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos (continuación)</b>	
14. Interrupción de la pesca en el río, debido a los cambios en el flujo, el bloqueo de la migración de los peces, y el cambio en la calidad y limnología del agua.	14. • Mantener un flujo mínimo, por lo menos, para la pesca. • Instalar gradas para los peces, y otros medios para que puedan pasar. • Proteger los sitios de desove. • Implementar acuacultura y desarrollar la pesca en el reservorio como compensación.
15. Se agarran las redes en la vegetación sumergida del reservorio.	15. Desbrozar, selectivamente, la vegetación antes de la inundación.
16. Aumento de las enfermedades relacionadas con el agua.	16. • Diseñar y operar la represa para reducir el habitat del vector. • Controlar el vector. • Emplear profilaxis y tratar la enfermedad.
17. Demandas opuestas en cuanto al uso del agua.	17. • Planificar el manejo de la represa dentro el contexto de los planes regionales de desarrollo. • Distribuir el agua equitativamente entre los grandes y pequeños agricultores y entre las diferentes regiones geográficas del valle.
18. Trastorno social y reducción del nivel de vida de la gente reasentada.	18. • Mantener el nivel de vida, asegurando que el acceso a los recursos sea, por lo menos, igual a lo que se perdió. • Proveer servicios sanitarios y sociales.

**Tabla 10.8. Proyectos Hidroeléctricos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
19. Degradación ecológica debido al aumento de presión sobre la tierra.	19. • Seleccionar el sitio de reasentamiento para evitar que se supere la capacidad de carga de la tierra.  • Aumentar la productividad o mejorar el manejo de la tierra (mejoramiento de la agricultura, el pastoreo y la silvicultura) para que pueda soportar una población más grande.
20. Trastorno/destrucción de los grupos indígenas y tribus.	20. Evitar el desplazamiento de las personas no asimiladas, culturalmente; donde esto no sea posible, reubicarlas en una área que les permita mantener su estilo de vida y costumbres.
21. Aumento de humedad y neblina, localmente, creando un habitat favorable para los vectores insectos de las enfermedades (mosquitos, tsetsé).	21. Controlar los vectores.
<b>Indirectos</b>	
22. Migración incontrolada de la gente hacia el área, gracias a los caminos de acceso y las líneas de transmisión.	22. Limitar el acceso, implementar desarrollo rural y servicios de salud para tratar de reducir el impacto.
23. Problemas ambientales como resultado del desarrollo que posibilita la represa (agricultura con riego, industrias, crecimiento municipal).	23. Implementar planificación integral en toda la cuenca para evitar el uso excesivo, abuso y uso incompatible de los recursos terrestres y acuáticos.
<b>Exteriores</b>	
24. Mal uso de las tierras de las áreas de captación sobre el reservorio, produciendo mayor sedimentación y cambios en la calidad del agua.	24. Incluir en la planificación del uso de la tierra, las áreas de la cuenca hidrográfica que se encuentren encima de la represa.

## **PROYECTOS TERMoeLECTRICOS**

1. Los proyectos termoeléctricos que apoya el Banco pueden incluir los siguientes: centrales alimentadas por gas, por vapor, o por carbón, de ciclos combinados, de turbinas a gas, y a diesel. (El Banco ha participado en los proyectos de energía geotérmica y puede financiar los proyectos de energía solar y de combustibles alternativos, pero actualmente, son poco comunes y no se presentan en esta sección). Los componentes principales de los proyectos termoeléctricos incluyen el sistema de energía (es decir, la turbina o el generador de la fuente de energía) y los elementos auxiliares, que pueden incluir el sistema de enfriamiento, el equipo de limpieza de la chimenea, almacenamiento del combustible y áreas de manejo, sistemas de entrega del combustible, áreas para almacenar los desechos sólidos, vivienda para los trabajadores, subestaciones eléctricas y líneas de transmisión. El tipo de instalación y el tamaño de los proyectos termoeléctricos, así como su ubicación, determinará el tipo y el tamaño de estos elementos auxiliares.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

2. Los impactos negativos pueden ocurrir durante la construcción, así como la operación de las plantas termoeléctricas. Los impactos de la construcción son causados, principalmente, por las siguientes actividades de la preparación del sitio: desbroce, excavación, movimiento de tierras, drenaje, dragado y/o embalse de los ríos y otras extensiones de agua, establecimiento de las áreas de colocación, de préstamo y de relleno. Se emplea un gran número de trabajadores en la construcción de las centrales energéticas, y esto puede causar impactos socioculturales importantes en las comunidades locales.

3. Las plantas termoeléctricas son consideradas fuentes importantes de emisiones atmosféricas y pueden afectar la calidad del aire en el área local o regional. La combustión que ocurre en los proyectos termoeléctricos emite dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y partículas (que pueden contener metales menores). Las cantidades de cada uno dependerán del tipo y el tamaño de la instalación y del tipo y calidad del combustible, y la manera en que se queme. La dispersión y las concentraciones de estas emisiones, a nivel de la tierra, son el resultado de una interacción compleja de las características físicas de la chimenea de la planta, las cualidades físicas y químicas de las emisiones, las condiciones meteorológicas en el sitio, o cerca del mismo durante el tiempo que se requiere para que las emisiones se trasladen desde la chimenea hasta el receptor a nivel de la tierra, las condiciones topográficas del sitio de la planta y las áreas circundantes, y la naturaleza de los receptores (p.ej., seres humanos, cultivos y vegetación nativa).

4. Típicamente, el agua de enfriamiento limpia constituye el efluente más importante que proviene de las plantas termoeléctricas. Puede ser reciclada o descargada a la extensión de agua superficial, sin causar efectos mayores en cuanto a su calidad química. Sin embargo, debe ser considerado el efecto del calor residual sobre la temperatura del agua ambiental, durante la evaluación de las plantas que contemplan utilizar, sin reciclaje, el agua de enfriamiento. Un aumento pequeño en la temperatura del agua ambiental puede alterar, radicalmente, las comunidades de las plantas y la fauna. Los otros efluentes que producen los proyectos termoeléctricos son menos abundantes, pero pueden alterar, grandemente, la calidad del agua. Por ejemplo, los efluentes de las plantas termoeléctricas a carbón contienen el agua de lavado del sistema de enfriamiento, de la caldera, del desmineralizador, del regenerador de resinas, del eliminador de ceniza y el escurrimiento de los montones de carbón, ceniza y del patio, así como otras descargas de bajo volumen causadas por los accidentes o derrames. Se encuentran diferentes combinaciones de metales menores, ácidos y otros químicos en estos efluentes. En las plantas a petróleo los derrames de combustible tienen un impacto negativo sobre la calidad del agua.

5. Como algunos de los impactos pueden ser evitados completamente, o mitigados más exitosamente, a menor costo, si el sitio se escoge, prudentemente; se debe leer, conjuntamente con la presente, la sección "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales". (Hay un resumen de los impactos ambientales potenciales que pueden ocurrir, al final de esta sección, en la Tabla 10.9.)

## **Temas Especiales**

### **Efectos Globales y Regionales**

6. Las emisiones de los proyectos termoeléctricos pueden provocar lluvia ácida, especialmente si el combustible es carbón con un alto contenido de azufre. La precipitación ácida acelera el deterioro de los edificios y monumentos; altera, radicalmente, los ecosistemas acuáticos de ciertos lagos y daña la vegetación de los ecosistemas forestales. Además, el uso de los combustibles fósiles en las plantas termoeléctricas genera CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, y el calentamiento mundial ha sido atribuido al aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en la atmósfera. Sin embargo, es imposible, actualmente, predecir la contribución exacta de las emisiones específicas de un proyecto termoeléctrico en particular, a estos problemas regionales y globales.

### **Agua de Enfriamiento y Calor Residual**

7. Muchas plantas de generación que emplean vapor tienen sistemas de enfriamiento sin reciclado. Si el alto volumen de agua que requieren las grandes plantas de este tipo, se toma de las extensiones de agua naturales, como ríos y bahías, existe el riesgo de mortandad para los organismos acuáticos, porque se arrastran y se chocan con el sistema de enfriamiento. Esto puede reducir grandemente la población de peces y moluscos, de los cuales algunos pueden tener importancia comercial.

8. Las descargas de agua caliente pueden elevar la temperatura del agua ambiental, alterando radicalmente, las comunidades de plantas y animales acuáticos, favoreciendo a los organismos que se adapten a temperaturas más altas. Entonces, las nuevas comunidades son vulnerables al efecto opuesto, a saber, una reducción brusca de la temperatura ambiental, después de la paralización de la planta, debido a las fallas o el mantenimiento programado.

9. Al utilizar torres de enfriamiento por evaporación, se reduce la cantidad de agua que debería ser empleada para enfriamiento, y se requiere, sólo una cantidad suficiente para compensar la evaporación. Las torres eliminan la descarga térmica, pero producen agua de purgación, que deberá ser eliminada. En los climas más fríos hay otra alternativa: se puede reducir la temperatura mediante el uso beneficioso del calor residual en la forma de agua caliente o vapor, p.ej., para calentar los edificios o piscinas de acuacultura.

10. Cualquiera de los métodos de enfriamiento implica algún consumo de agua. En las áreas donde es escasa, esto reduce el volumen de agua que está disponible para consumo humano, riego, navegación y otros uso.

### **Impactos sobre la Comunidad**

11. Uno de los impactos más importantes de las plantas termoeléctricas se relaciona con la afluencia de trabajadores durante el período de construcción. Pueden ser necesarios varios miles de trabajadores durante algunos años para la construcción de una planta grande, y cientos de trabajadores para su operación. Existe potencial para mucha tensión si la comunidad receptora es pequeña. Se puede producir una condición de "crecimiento rápido" o desarrollo inducido. Esto puede tener efectos negativos importantes en la infraestructura existente de la comunidad: las escuelas, policía, prevención de incendios, servicios médicos, etc. Asimismo, la afluencia de trabajadores de otros lugares o regiones

cambiará los modelos demográficos locales y alterará los valores socioculturales locales, así como las costumbres de vida de los residentes. Otro impacto potencial es el desplazamiento de la población local debido a las necesidades de terreno para la planta y las instalaciones relacionadas con la misma. Pueden haber serias alteraciones en el tráfico local a raíz de la construcción y operación de la planta termoeléctrica. Finalmente, las grandes plantas eléctricas producen impactos visuales y mucho ruido.

### **Alternativas del Proyecto**

12. La evaluación ambiental debe incluir un análisis de las alternativas razonables que podrían cumplir los objetivos finales del proyecto termoeléctrico. El análisis puede producir alternativas más solventes que el proyecto original, desde el punto de vista ambiental, sociocultural y económico. Se deben considerar algunas alternativas:

- no hacer nada (es decir, examinar las consecuencias de no tomar acción alguna para cumplir con las necesidades de la demanda que se esperan);
- combustibles alternativos;
- alternativas para el manejo de la energía y la carga;
- alternativas en cuanto a la selección del sitio;
- alternativas para la eliminación del calor;
- alternativas para el suministro de agua/ alternativas de abastecimiento;
- alternativas para la eliminación de los desechos sanitarios y de la planta;
- alternativas para la eliminación de los desechos sólidos;
- opciones en cuanto a los equipos de ingeniería y control de la contaminación;
- opciones de control para la gerencia;
- alternativas para la estructura social, incluyendo la infraestructura y el empleo.

13. Las alternativas deben ser evaluadas como parte del proceso conceptual de diseño; sin embargo, se prefieren las alternativas que facilitan el control ambiental efectivo y económico. Se debe ponderar la suficiencia de las alternativas en relación con los factores ambientales y económicos.

### **Administración y Capacitación**

14. Debido a las importantes consideraciones ambientales que se relacionan con la construcción y operación de un proyecto termoeléctrico, es necesario que el personal de diseño y manejo de la instalación incluya a un equipo de ingenieros y científicos ambientales. Este grupo debe trabajar con los ingenieros de la planta termoeléctrica en todas las fases del proyecto que tengan implicaciones para el medio ambiente. Dependiendo de la formación y experiencia del personal ambiental, puede justificarse un programa de capacitación sobre el tema del manejo ambiental de los proyectos termoeléctricos.

Es necesario entender algunas de las especialidades ambientales que se relacionan con el manejo de los proyectos termoeléctricos, incluyendo las siguientes:

- monitoreo de la calidad del aire, preparación de modelos y control de la contaminación;
- monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, preparación de modelos y atenuación de la contaminación;
- manejo de los desechos sólidos, control e higiene industrial;
- control de las sustancias tóxicas y manejo de los desperdicios peligrosos;
- control del ruido;
- protección de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra;
- evaluación de los impactos socioeconómicos.

15. Puede ser necesario dar capacitación ambiental para transmitir los conceptos y metodologías de la evaluación de los impactos generales, la recolección y análisis de los

datos y las estrategias de control de la contaminación. El entrenamiento debe formar parte de la fase de evaluación ambiental del proyecto con la ayuda del asesor ambiental. De ser posible, el personal debe participar en la revisión de la evaluación ambiental. Esto asegurará que entiendan la evaluación ambiental del proyecto. En particular, los miembros del equipo deberán entender la razón fundamental de la atenuación y monitoreo que ellos, posiblemente, tengan que implementar. Se debe dar capacitación al personal técnico y administrativo que trabajará con los ingenieros y gerentes de la planta termoeléctrica.

16. Será necesario entrenar al personal en los procedimientos normales de operación, mantenimiento, salud y seguridad, los mismos que deberán ser implementados por la gerencia, a fin de reducir al mínimo los impactos ambientales de la planta, y sus efectos para la salud y la seguridad, una vez que esté funcionando.

17. A menudo, en el país prestatario no existen límites sobre las emisiones, ni normas en cuanto a la calidad del aire, que puedan afectar los proyectos termoeléctricos potenciales. El Banco Mundial tiene criterios que pueden servir como pautas y suplir las normas sobre la calidad del aire del país. Estos lineamientos ambientales y otros criterios reconocidos (p.ej., estudios de los efectos conocidos) deben ser empleados como límites a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente.

18. Las agencias locales, regionales y nacionales para el medio ambiente que participen en la revisión, aprobación y supervisión del proyecto, pueden requerir capacitación para poder monitorear y exigir el cumplimiento de las normas durante la construcción y operación del proyecto.

### **Monitoreo**

19. El propósito del programa de monitoreo es el de proporcionar la información que indique que los impactos predichos del proyecto cumplen con los límites aceptables en cuanto a la ingeniería y el medio ambiente, y dar una advertencia oportuna en el caso de que las condiciones ambientales sean inaceptables. Debe comenzar el monitoreo de los proyectos termoeléctricos antes de su construcción para determinar las condiciones de línea de base. El monitoreo de la construcción y operación determinará el grado y la importancia del impacto que pueda ocurrir durante estas fases del proyecto. Normalmente, será suficiente un año de monitoreo antes de la construcción para caracterizar los recursos ambientales que pueden ser afectados, potencialmente, por el proyecto. La duración del monitoreo de la construcción y operación dependerá del recurso ambiental que sea afectado y la cantidad de tiempo que pueda perdurar el impacto. Por ejemplo, si se planifica tener una descarga continua de agua de enfriamiento, puede ser necesario un monitoreo semanal o diario de la calidad del agua durante la vida de la instalación. Se requerirán programas específicos de monitoreo dependiendo del tipo de proyecto termoeléctrico y según el recurso que sea afectado.

20. Se tendrá que monitorear el aire, en forma permanente, para controlar los contaminantes primarios que emite la planta. Se deben establecer los monitores a fin de medir la cantidad de las emisiones y su concentración a nivel del suelo en los lugares de recepción preestablecidos (p.ej., áreas residenciales y agrícolas, etc.). Se requerirá una caracterización de las condiciones meteorológicas del lugar para establecer un modelo del aire. Al no estar disponibles los datos meteorológicos, entonces será necesario monitorear este factor.

21. Es necesario controlar el aire del lugar de trabajo para observar los niveles de polvo, ruido y gases tóxicos, a fin de proteger al personal de operación.

22. El tipo y la naturaleza de las aguas servidas que se descargan determinará si será necesario monitorear la calidad del agua superficial. Se debe controlar los contaminantes que se esperan, así como los parámetros de calidad del agua que son importantes para la salud humana y el bienestar público. Si no se hace con más frecuencia, puede ser necesario

realizar el monitoreo de la calidad del agua durante cada estación. Si existe la probabilidad de que se contaminen las aguas freáticas, puede ser necesario monitorear su calidad. Se debe analizar, aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga, toda extensión de agua que utilice el público, o que se considere ambientalmente importante (p.ej., los ríos y los pozos de agua potable y para riego). Puede ser necesario realizar pruebas geofísicas en el sitio para caracterizar las condiciones geológicas del lugar de la planta propuesta. Si se piensa utilizar el agua freática para enfriamiento, entonces puede ser necesaria una prueba de bombeo para determinar la cantidad y calidad de este líquido.

23. Puede ser apropiado efectuar monitoreo biológico, si existen importantes recursos de este tipo cerca del proyecto, y si existe la posibilidad de que sean afectados, por ejemplo, por la descarga del agua de enfriamiento al estero. En este caso, sería necesario tomar muestras de las clases representativas de los organismos acuáticos. Sería necesario monitorear los receptores importantes de la calidad del aire (p.ej., los cultivos sensibles) que estén a favor del viento de las chimeneas, si se predicen impactos negativos. Las muestras se tomarían durante cada estación. Puede ser justificado monitorear el ambiente social para asegurar que los impactos sociales estén dentro de los límites aceptables.

24. Se debe diseñar el programa de monitoreo de tal manera que se pueda obtener la información, científicamente sustentable, que ayudará a determinar el estado de los recursos ambientales que serán afectados por el proyecto termoeléctrico, y a predecir los eventos futuros, y sirva de base para las decisiones gerenciales en cuanto a las posibles medidas de mitigación que deben ser implementadas si los impactos observados o predichos son inaceptables.

**Tabla 10.9 Proyectos Termoeléctricos**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos</b>	
1. Efectos de las emisiones atmosféricas sobre la salud humana, la agricultura y la fauna y flora nativa.	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la planta lejos de los receptores que sean sensibles con respecto a la calidad del aire.</li> <li>• Diseñar chimeneas más altas para reducir las concentraciones a nivel de la tierra.</li> <li>• Utilizar combustibles más limpios (p.ej., carbón con un bajo contenido de azufre).</li> <li>• Instalar equipos para controlar la contaminación.</li> </ul>
2. Mayor ruido y vibración.	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar equipos menos potentes.</li> <li>• Limitar el ruido y la vibración a los períodos cuando causarán menos alteración.</li> <li>• Instalar barreras contra el ruido.</li> </ul>
3. Cambios en la calidad del agua superficial y freática.	3. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar los efluentes, química o mecánicamente, en el sitio.</li> <li>• Prevenir la contaminación de las aguas freáticas mediante el uso de revestidores.</li> <li>• Emplear pozos de inyección profundos, más bajos que las zonas potables.</li> <li>• Colocar forros en las piscinas y áreas donde se eliminan los desechos sólidos.</li> <li>• Diluir el efluente en el punto de descarga.</li> </ul>
4. Efectos tóxicos de las descargas y derrames químicos.	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar planes para la prevención de derrames.</li> <li>• Implementar trampas y sistemas de contención y tratar, químicamente, los efluentes en el sitio.</li> </ul>
5. Choque térmico para los organismos acuáticos.	5. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar un diseño alternativo de disipación del calor (p.ej., enfriamiento de circuito cerrado).</li> </ul>

**Tabla 10.9 Proyectos Termoeléctricos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diluir el efecto término, descargando el agua en una extensión de agua más grande.</li> <li>• Instalar difusores mecánicos.</li> <li>• Enfriar el agua en el sitio, en una piscina de espera, antes de descargarla.</li> <li>• Explorar las posibilidades de utilizar el calor residual.</li> </ul>
6. Arrastre y choque de los organismos acuáticos.	6. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la toma de agua en una área que evite los impactos importantes.</li> <li>• Instalar mallas para eliminar el arrastre y choque.</li> </ul>
7. Cambios en la cantidad de agua superficial y freática,.	7. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un plan de reciclaje del agua.</li> </ul>
8. Cambios en el caudal y descarga del agua superficial.	8. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir canales y piscinas de espera en el sitio.</li> </ul>
9. Eliminación de la vegetación y pérdida de habitats.	9. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optar por un sitio o disposición diferente para evitar la pérdida de los recursos ecológicos.</li> <li>• Restaurar la vegetación o habitats o crear otros similares.</li> </ul>
10. Dragado y relleno de los humedales.	10. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optar por un sitio o disposición diferente para evitar la pérdida de los humedales.</li> <li>• Restaurar los humedales o crear otros similares.</li> </ul>
11. Peligro para las aves a causa de las chimeneas, torres y líneas de transmisión.	11. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar las chimeneas y torres fuera de las rutas de migración;</li> <li>• Instalar deflectores, luces y otros objetos visibles.</li> </ul>

**Tabla 10.9 Proyectos Termoeléctricos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
12. Desplazamiento de la población humana.	12. • Optar por un sitio o disposición diferente para evitar el desplazamiento. • Asegurar la participación de las partes afectadas en la planificación y programa de reasentamiento. • Construir asentamientos/infraestructura, que sean social y culturalmente aceptables, (ver la sección: “Desplazamiento Involuntario”).
13. Alteración del tráfico.	13. • Implementar un plan de tráfico que incluya la programación del uso de las carreteras de parte de los trabajadores. • Mejorar las carreteras e intersecciones.
14. Modificación de las estructuras o terrenos de importancia histórica o arqueológica (p.ej., iglesias, templos, mesquitas, cementerios).	14. • Optar por un sitio o disposición diferente. • Desarrollar e implementar los procedimientos para “hallazgos fortuitos”, a fin de rescatar, reubicar o restaurar las estructuras (ver la sección: “Propiedad Cultural” para mayores detalles). • Construir cercas u otras barreras para proteger las estructuras o terrenos.
15. Impacto visual sobre los recursos históricos, arqueológicos y culturales y sobre el paisaje.	15. • Optar por un sitio o disposición diferente. • Construir barreras visuales (p.ej., sembrar árboles).
16. Exposición de los trabajadores al polvo, proveniente de la ceniza y el carbón.	16. • Instalar equipos colectores de polvos, • Mantener los niveles de polvo $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ . • Monitorear el contenido de sílice libre. • Proveer máscaras contra el polvo si se exceden los niveles.

**Tabla 10.9 Proyectos Termoeléctricos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos (continuación)</b>	
17. Exposición de los trabajadores a los gases tóxicos que escapan de las calderas.	17. • Realizar el mantenimiento adecuado de las calderas. • Controlar las concentraciones para que no superen a los siguientes niveles:  SO <sub>2</sub> 5 ppm CO 50 ppm NO <sub>2</sub> 5 ppm
18. Exposición de los trabajadores al ruido excesivo.	18. • Asegurar que los niveles de ruido sean menores de 90 dBA, o proporcionar protección para los oídos.
<b>Indirectos</b>	
1. Desarrollo secundario inducido, incluyendo la mayor demanda sobre la infraestructura.	1. • Implementar un plan de infraestructura y apoyo financiero para satisfacer la demanda adicional. • Construir las instalaciones necesarias para reducir la demanda.
2. Cambios en los modelos demográficos y alteración de los valores y sistemas socioculturales.	2. • Desarrollar un plan para educar a los trabajadores acerca de los valores y modelos sensibles. • Proveer programas y servicios de reajuste psicológico y/o de comportamiento.

## **FINANCIAMIENTO DE ENERGIA NUCLEAR: OPCIONES PARA EL BANCO**

1. Esta sección revisa la práctica del Banco con respecto al financiamiento de la energía nuclear. Si bien, el Banco no tiene ninguna "Política sobre la Energía Nuclear" formal o específica, esta sección se basa en su experiencia hasta la fecha, y en el mejor criterio que éste dispone. No establece ninguna política del Banco; más bien, resume las opciones que los Directores de Trabajo estudiarán en el momento en que se presenten las decisiones, en cuanto a la energía nuclear. La segunda sección, bosqueja la situación actual de la energía nuclear. La tercera sección, examina los más importantes temas económicos, financieros, ambientales y políticos. La última sección, revisa las principales opciones que tiene el Banco.

2. El Banco no ha financiado directamente, un reactor de energía nuclear. Hasta el inicio de la década de los años 70, los proveedores de las plantas nucleares eran limitados y habían créditos de fuentes bilaterales. El Banco adoptó la posición de que, como financista de último recurso, no era necesario utilizar sus bienes para este propósito. Además, dada la cantidad limitada de proveedores en ese tiempo, no era posible efectuar la adquisición en base a una Licitación Internacional.

3. Durante este tiempo, las preocupaciones mundiales acerca de los costos y la seguridad de estos reactores ha aumentado. No se ha exportado bien esta tecnología. Los costos finales ha sido, típicamente, dos o tres veces mayores que los estimados originalmente, los retrasos han sido grandes, y como resultado de los problemas con la producción, la potencia generada ha sido mucho menor que la capacidad. Fue una tecnología que, al utilizarse con cuidado, requeriría normas rigurosas de construcción, mantenimiento y operación; éstas son las áreas de mayor dificultad para los países en desarrollo. Aunque algunos de los países en vías de desarrollo (Corea, Taiwán, Hungría, etc.) han obtenido resultados satisfactorios con respecto al período de construcción, los costos de capital y las operaciones, a otros les ha ido mal, por motivos técnicos, financieros o institucionales. Asimismo, las características especiales de los desechos nucleares crean problemas que todavía no encuentran solución en muchos países.

4. Los gobiernos militares han sido proponentes importantes de la adquisición de la tecnología nuclear, con implicaciones obvias para la futura capacidad de sus países, para producir armas nucleares. Muchos de los programas tuvieron vínculos estrechos con los militares, y no era posible tener acceso a la información necesaria para evaluar la tecnología. Esto hizo surgir preocupaciones en cuanto a su seguridad, tanto en los países vecinos, como entre el grupo internacional, cada vez más vociferante. Esta oposición se fortaleció cuando algunos países decidieron la no observancia del Tratado de la No Proliferación Nuclear, que representó el esfuerzo de la comunidad mundial para separar los usos civiles y militares.

5. Algunos de los países no utilizaban los argumentos militares para proponer la energía nuclear, sino que enfatizaron, más bien, los vínculos de esta opción para la producción con su industria doméstica, con el motivo de especializarse en lo que consideraban la industria moderna de alta tecnología. Al reconocer que, tal vez, no sea la forma más económica de generar electricidad en la actualidad, presumían que su papel en el futuro sería competitivo. Por eso, se consideraba necesario, para los intereses nacionales, adquirir la experiencia nuclear, oportunamente, y obtener esta forma de energía como opción para el futuro.

### **Acontecimientos Recientes**

6. La posición del Banco opuesta a la financiación de la energía nuclear requiere reevaluación, a la luz de algunos acontecimientos importantes durante las últimas décadas. Primero, la industria nuclear ha crecido. Actualmente, existen más de 430 reactores

nucleares que producen energía eléctrica en 26 países. El número de proveedores ha aumentado y existe una gran cantidad de conocimiento y experiencia en cuanto a la construcción, diseño y operación de estas plantas (más de 4.000 años-reactor). La mayoría de los países desarrollados generan porciones modestas de su energía eléctrica con reactores nucleares. El dieciséis por ciento de la producción energética del mundo, es nuclear, y esto representa una porción casi tan grande como la energía hidroeléctrica (18%).

7. Segundo, son pocos, relativamente, los países que tienen fabricas de reactores nucleares y que son capaces de exportarlos (los Estados Unidos, la Unión Soviética, Francia, Canadá, Alemania Occidental, Japón y, posiblemente, unos pocos más que tienen componentes y sistemas). Es poco probable que los gobiernos estén dispuestos, actualmente, a subsidiar la exportación de la tecnología nuclear, a no ser que sea para investigación y desarrollo. Como resultado, es posible que se pida la ayuda del Banco para organizar un paquete de financiación para una planta de energía nuclear. La solicitud puede expresarse en términos de la ayuda que se presta al programa de 'construir-operar-transferir' o 'construir-tener-operar-transferir', la misma que el Banco está proporcionando para otros proyectos energéticos.

8. Tercero, el aumento de los precios de la energía durante los años 70 hizo que la energía nuclear sea una opción atractiva, especialmente cuando llegara a ser una importante preocupación la seguridad del suministro de petróleo. Muchos de los países en desarrollo miraron a la energía nuclear como una opción cada vez más atractiva a largo plazo, y estuvieron dispuestos a pagar el costo de la adquisición de la tecnología. La reducción subsiguiente de los precios del petróleo redujo la atracción de la energía nuclear, pero la crisis del Golfo estimuló los esfuerzos de la industria para promover la opción nuclear (ver el párrafo 11, más adelante).

9. Cuarto, los sistemas energéticos de varios de los países en desarrollo son suficientemente grandes, actualmente, que pueden emplear plantas nucleares. Durante muchos años las plantas nucleares más pequeñas eran tan grandes en comparación con los sistemas energéticos de los países en desarrollo, que éstas eran excluidas por razones del costo y la seguridad del sistema. Actualmente, están disponibles las plantas de 600 MW que podrían ser consideradas para las redes de 4.000 MW de capacidad instalada.

10. Quinto, la existencia del Tratado de la No Proliferación Nuclear, con sus disposiciones de seguridad para el uso e inspección de los materiales nucleares, no las ha eliminado por completo, más bien ha aliviado las preocupaciones sobre la diversidad de estos materiales para usos militares. La disposición de la URSS para recibir, nuevamente, y procesar sus desechos, más el acuerdo limitado de Francia, de volver a recibir estos materiales, han moderado estas preocupaciones.

11. Sexto, la inquietud creciente acerca de los impactos atmosféricos causados por el uso de los combustibles fósiles, ha impulsado a la industria nuclear a promover la energía nuclear como una alternativa más benigna.

12. Séptimo, los accidentes de Three Mile Island (1979) y Chernobyl (1986), y las dificultades creadas por la falta de eliminación segura de los desechos radioactivos, han aumentado la preocupación del público sobre la seguridad de la tecnología y han generado fuerte oposición a las inversiones en plantas nucleares. Estará sujeto al escudriño público el financiamiento que el Banco proporcione a los proyectos energéticos, por más indirecta que sea su relación con la energía nuclear.

13. Octavo, el financiamiento que proporcione el Banco a un proyecto energético específico deberá tomar en cuenta la estructura de costos del sector global. Debido al número creciente de plantas nucleares, el Banco está siendo obligado a considerar, cómo estas instalaciones costosas, deben ser tratadas en la evaluación económica y financiera de los sistemas energéticos. Al participar como miembros los países de Europa Oriental, con sus

grandes instalaciones nucleares (p.ej. Hungría, 39%), se ha acrecentado la necesidad de examinar estos temas.

## **Revisión de los Temas Principales**

### **Temas Económicos y Financieros**

14. El Banco justifica sus préstamos para inversión en energía eléctrica, demostrando que representan la manera más económica de satisfacer una necesidad específica de energía. Hasta los años recientes, las pocas plantas nucleares que existían no se consideraban como parte del sistema energético, porque usualmente, eran la propiedad de otra agencia y tenían muchos objetivos (investigación, desarrollo de tecnología, etc.), y su producción de energía no era sino un subproducto. Se vende la energía al sistema según las tarifas fijadas por las fuentes más convencionales, y la agencia nuclear paga el subsidio, no el consumidor de la energía eléctrica.

15. El retorno financiero de un proyecto energético y el precio que se cobra por su producto, depende usualmente, de las tarifas y costos del sistema global. Como los costos de las plantas de generación nuclear son tan elevados, tienen impactos importantes sobre los costos totales del sistema y, por lo tanto, pueden afectar la retribución obtenida sobre cualquier inversión convencional en el sistema.

16. Es difícil obtener cifras precisas del costo de los reactores nucleares debido a las circunstancias especiales de su construcción y uso, tanto en los países desarrollados, como en los que están en vías de desarrollo. Esto se complica por las dificultades que se encuentran al comparar diferentes tipos de estaciones, como agua liviana y pesada, y el uso de recipientes de contención o no. Los estimados más bajos de los países desarrollados vienen de Francia, donde la información publicada sugiere que los costos varían de US\$1.500 a US\$2.000 por kW. Estos costos pueden incluir el capital y otros subsidios que son difíciles de cuantificar. En los Estados Unidos, los costos van de US\$3.000 a US\$5.000 por kW. En Argentina y Brasil, son de US\$5.000 a US\$8.000 por kW. El costo de las tecnologías convencionales es de US\$500 o US\$600 por kW, para las plantas a gas de ciclo combinado, y de US\$1.300 a US\$1.600 para las instalaciones a gasificación de carbón, de ciclo combinado, y un poco menos para la tecnología que utiliza carbón en una cama fluidificada. Las turbinas de vapor a carbón o petróleo cuestan entre US\$800 y US\$1.500 por kW. Se deberá sumar los gastos de operación al costo de capital, para obtener el valor definitivo de la electricidad. Aunque los costos de operación sean bajos, los altos costos de capital de las plantas nucleares imposibilitan su selección como la alternativa de menor costo, bajo cualquier hipótesis razonable, con respecto al precio del petróleo o carbón.

17. Por eso, las plantas nucleares son antieconómicas, porque existe poca probabilidad que sean la alternativa más económica, según los costos actuales y proyectados. Además, existe evidencia que demuestra que los costos que citan, usualmente, los proveedores los desestiman considerablemente; y a menudo, dejan de considerar adecuadamente, la eliminación de los desechos, el retiro de servicio de la planta, y otros costos ambientales. Asimismo, el gran tamaño de muchas de las plantas nucleares en relación con los sistemas de los países en desarrollo, significa el riesgo que pueda haber mucha capacidad sin uso, si la demanda deja de crecer según los pronósticos. La estrategia de inversión nuclear carece de la flexibilidad necesaria para adaptarse a las circunstancias cambiantes. Los costos altos requerirían grandes aumentos en las tarifas y esto podría minar la viabilidad económica de los sistemas, si la energía nuclear forma una parte importante del total; sin embargo, su viabilidad económica no se vería amenazada, necesariamente, si la contribución nuclear fuera relativamente pequeña.

18. Las plantas nucleares también significan importantes riesgos financieros y técnicos. Cada planta representa una inversión de US\$1.500-2.000 millones. De no terminar

la construcción a tiempo, se suman los costos financieros de US\$150 a US\$200 millones por año. No es raro que se produzcan retrasos de varios años, y esto, sumado a las dificultades que los países en desarrollo experimentan al tratar de operar las instalaciones a su capacidad nominal durante períodos prolongados, significa costos financieros substanciales para la mayoría de las empresas de servicio público.

### **Temas Ambientales**

19. El tema ambiental más importante se relaciona con la pregunta si las plantas nucleares (incluyendo la producción del combustible, los sistemas de enfriamiento y de eliminación de los desechos) pueden ser operadas dentro de las normas de seguridad aceptables, expresadas principalmente en términos de las fugas de radioactividad. Hay grandes diferencias de opinión en cuanto a lo aceptable con respecto, tanto a los costos, como a la probabilidad de sufrir accidentes, particularmente los que son catastróficos.

**Fallas Catastróficas:** Tanto las plantas nucleares, como las hidroeléctricas, tienen solamente una pequeña probabilidad de sufrir una falla catastrófica, pero algunos expertos señalan las fallas de los sistemas de las instalaciones nucleares, en las que el riesgo es mucho mayor que el de las represas hidroeléctricas (donde el peligro es estructural). El caso más catastrófico es mucho peor para una planta nuclear que para una instalación hidroeléctrica, debido a los impactos a largo plazo para la salud (como en Chernobyl). En ambos casos, es una población involuntaria que soporta las consecuencias. Constituye un criterio de valor político muy complejo, el grado en que el gobierno esté dispuesto a exponer sus ciudadanos al riesgo de estos eventos. En el caso de la energía nuclear, la falta de antecedentes históricos significativos complica estas decisiones.

**Radiación de Bajo Nivel:** Es difícil estudiar los efectos a largo plazo de la exposición a la radiación de bajo nivel, porque los ocultan otros efectos (químicos, fumar, dieta, etc.) y, por lo tanto, no pueden ser detectados.

20. Por eso, los ambientalistas son fuertemente antinucleares. Enfatizan que el riesgo significa exponer a la gente, involuntariamente, y que los costos ambientales son tan elevados que excluirían la energía nuclear, aunque fuera más económica. Sin embargo, durante las consultas recientes sobre el efecto de invernadero, los proponentes de la energía nuclear han sugerido que ésta puede ser parte de la respuesta, siempre que se puedan diseñar plantas nucleares seguras y pasivas (ver el párrafo 23). Algunos ambientalistas están listos para reservar su criterio hasta que se compruebe que estas plantas sean pasivamente seguras.

21. La percepción de ocultación y la falta de franqueza que caracteriza la operación de las plantas de energía nuclear complican más el tema. En los años recientes, algunos accidentes han sembrado dudas en la mente del público acerca de la aptitud de la industria y la seguridad del proceso. Muchos dudan de la credibilidad de la industria.

22. La industria y los gobiernos que la apoyan creen que si se opera la planta correctamente, los costos ambientales serán limitados y los riesgos serán aceptables. Sostienen que los antecedentes de seguridad de la industria nuclear se comparan favorablemente con las otras fuentes de energía, aun si se toma en cuenta a Chernobyl, que fue una tecnología, inherentemente inestable, que no está disponible en los países en desarrollo. La pérdida estimada de vidas en este desastre es menor que la que han causado las fallas de algunas grandes represas. Sin embargo, los efectos más permanentes de Chernobyl, si bien son inciertos todavía, están llegando a ser más conocidos, y aumentan mucho el costo. En comparación, el accidente de la represa Morvi que ocurrió en la India, en 1979, causó unas 15.000 muertes y los números de Chernobyl se están aproximando a esa cifra.

23. Ultimamente, ha aumentado la preocupación acerca del impacto sobre la atmósfera de la liberación de CO2 como resultado del uso de los combustibles fósiles -- el efecto de invernadero. La industria nuclear ha sugerido que la ventaja de la energía nuclear sobre los combustibles fósiles a este respecto, podría justificar su costo más elevado. Los opositores sostienen que la conservación constituye la mejor alternativa, particularmente para los países desarrollados, porque reduce la necesidad de inversiones nuevas y grandes. La evidencia de respaldo, especialmente en el lado nuclear, es discutible e incompleta.

24. Los temas ambientales se han vuelto altamente emotivos y politizados. Los expertos de los dos lados son sospechados y, cada vez más, se resuelven las diferencias a un gran costo, a través de los procesos políticos y judiciales como, por ejemplo, en los Estados Unidos (Shoreham, Long Island), Suecia e Italia.

### **Temas Políticos**

25. Cada vez más, la decisión de invertir en la energía nuclear es política. Los vínculos entre la energía nuclear y el desarrollo de las armas, siempre han sido prominentes en el debate público, particularmente en el caso de los países que desarrollan la capacidad de realizar todo el ciclo del combustible. La industria de la energía nuclear niega este vínculo, sosteniendo que los combustibles que se producen con los reactores modernos no son adecuados para producir armas. Sin embargo, no se puede negar el vínculo entre las tecnologías.

26. Fue la intención del Tratado de No Proliferación Nuclear resolver este problema. Los signatarios se comprometen a no transferir armas nucleares, ni recibirlas de ninguna parte. Los Estados que no disponen de armas nucleares se comprometen a no fabricar, ni adquirir las, y se prohíbe toda prestación de ayuda a este respecto. La Autoridad Internacional de la Energía Atómica (IAEA) administra un sistema de salvaguardas para verificar el cumplimiento del Tratado. A cambio de este compromiso de parte de las naciones que no poseen las armas, el Tratado garantiza la "libre transferencia de la tecnología nuclear para los propósitos pacíficos, sin discriminación."

27. Algunos proveedores (p.ej., Canadá) insisten que quienes reciben la tecnología nuclear sean signatarios del Tratado. No todos los países en desarrollo son signatarios y algunos, notablemente, Argentina y Brasil, le han vuelto un tema político, a su negativa de firmar; sin embargo, esto no ha impedido que reciban la tecnología necesaria.

28. La posición del Banco acerca del financiamiento de la energía nuclear debe reconocer que algunos de los accionistas principales son exportadores de la tecnología, y en la mayoría de los casos, están dispuestos a ofrecer condiciones atractivas a los prestatarios potenciales. Además, la Unión Soviética y los otros países del Consejo de la Ayuda Económica Mutua (CMEA) han compartido las plantas para la producción de reactores nucleares y se considera que esta industria es uno de los ejemplos más exitosos de la integración del mercado CMEA. (Se espera que CMEA o Comecon, será reemplazado a principios de 1991 por la Organización para la Cooperación Económica Internacional [OECD]).

## **Opciones para el Banco**

### **Opciones Básicas**

29. El Banco tiene dos opciones políticas principales: (a) el Banco no está preparado para financiar ningún sistema con capacidad nuclear -- incluyendo las plantas convencionales, sistemas de transmisión, y de distribución local -- debido a los costos de capital elevados, los riesgos financieros, el impacto ambiental negativo y las posibles implicaciones militares, o (b) el Banco está dispuesto a financiar los componentes convencionales de un sistema que

contenga alguna capacidad nuclear, en base a sus criterios normales -- la eficiencia económica (evaluada después de calcular todos los costos ambientales), viabilidad financiera, no disponibilidad de otra financiación, el uso de licitación internacional, etc. La tercera opción incluiría bajo (b) las inversiones directas en plantas nucleares nuevas, en los existentes, y en otros componentes de apoyo (p.ej., líneas de transmisión).

30. Hay dos consideraciones críticas -- lo económico y la seguridad -- que afectan cualquier decisión acerca del financiamiento directo de las plantas nucleares. El caso económico está claro: bajo las estructuras actuales de costo, el Banco no financiaría las plantas nuevas porque son antieconómicas. En el caso improbable de que las instalaciones nucleares lleguen a ser económicas, el Banco no las financiaría, porque hay otras fuentes de fondos disponibles y, porque como financista de último recurso, sus fondos no son necesarios. A más de eso, por supuesto, existe el problema de la seguridad. El tema de la construcción y operación segura de la planta no puede divorciarse de su análisis económico, y el Banco tendría que asegurar que exista la estructura institucional para soportar la operación cierta de la instalación. El Banco no está en una posición que le permite dar asesoramiento independiente acerca de la seguridad de las plantas nucleares. Tampoco puede supervisar a los consultores que podrían dar consejo sobre la seguridad, porque la energía nuclear tienen proponentes y opositores muy fuertes, y sería difícil encontrar asesores que tengan la objetividad que el Banco requiere.

31. Por eso, el Banco debe expresar la opinión de que si bien la tecnología nuclear es antieconómica actualmente, existen grandes interrogantes en cuanto al futuro. Le puede interesar al país adquirir las destrezas y experiencia básica para poder expandir los programas nucleares, en el caso que llegue a ser necesario. El Banco acepta esta posibilidad, como es el caso de los programas nucleares de China y Corea. Sin embargo, es una manera costosa de adquirir la tecnología nuclear y hay suficiente capacidad sin uso en los países exportadores para permitir la rápida transferencia de la tecnología, si llegase a ser necesaria. No se requiere el apoyo del Banco para estas actividades.

32. En el caso de que una planta nuclear esté operando o bajo construcción, la tarea principal del Banco es la de analizar la eficiencia económica de la instalación, ignorando los costos comprometidos. Se compararían los costos de operación de las plantas, incluyendo los ambientales, con los costos de las alternativas. Si la planta está bajo construcción, se tendrían que tomar en cuenta también los costos necesarios para su terminación. Asimismo, el Banco tendría que asegurar que los costos de capital de estas instalaciones no se incluyan en las tarifas básicas del servicio público y que la energía se venda al costo de las alternativas.

33. Dado el hecho (como se mencionó anteriormente) que el Banco no tiene capacidad para juzgar independientemente la seguridad de las plantas nucleares, hay poca probabilidad que estas inversiones sean aceptables. Es verdad, no garantizamos la seguridad de los proyectos que financiamos. Dependemos de los cuerpos internacionales o nacionales de certificación pertinentes. Exigimos garantías para que lo que financiamos funcione de una manera aceptable. Normalmente, el Banco dependería de otras agencias y autoridades para cumplir ese papel, algo parecido a lo que hacemos en el caso de la seguridad de las represas.

34. Esto levanta un tema político importante: ¿hasta qué punto el Banco ha de depender de otros que jueguen ese papel en su nombre, si la planta ya está construida? Uno de los aspectos importantes de las auditorías de seguridad de las plantas nucleares se relaciona con las normas obligatorias que tienen que ser cumplidas durante la construcción, así como (más obvio) durante las fases de operación, especialmente durante el arranque y parada de los reactores. Si la planta está en operación, o si está solo parcialmente construida, es imposible realizar la auditoría de seguridad de una manera que cumpla con los criterios normales del Banco.

35. Asimismo, aunque el cuerpo reglamentario del país exportador esté dispuesto a certificar el diseño de la planta, no puede jugar ningún papel en la ubicación, construcción, inspección u otras actividades relacionadas con la planta en otro país. Además, sería necesario someter todas las instalaciones civiles del sector energético a inspecciones de seguridad. Como la instalación nuclear tiene entradas y salidas de materiales nucleares, todas estas corrientes tendrían que ser monitoreadas y contabilizadas en forma determinada.

36. Los préstamos que el Banco hace al sector energético requieren un análisis de las inversiones, instituciones y políticas del mismo. Las plantas nucleares del sector energético no serían económicas; es más probable que sean grandes "elefantes blancos". Todos los programas de inversión pública incluyen algunas malas inversiones; sin embargo, la posición del Banco se basa en consideraciones pragmáticas de la amagnitud y grado de su ineficiencia. En esta situación, la alternativa del Banco es la de reducir, o aún eliminar el préstamo, dependiendo de la racionalidad del plan global de inversión del sector.

37. Es un caso más difícil el de los países del Consejo de Ayuda Económica Mutua, donde la capacidad nuclear sea una proporción grande de su total capacidad de generación. Aquí los arreglos financieros de los países, dificultan la determinación de los costos de las plantas nucleares. Si el Banco piensa prestar al sector energético de estos países, sería indispensable preparar un documento de posición, para explorar la posibilidad de realizar un análisis económico y ambiental de sus inversiones nucleares, incluyendo los costos específicos.

## **Resumen**

38. El Banco debe continuar financiando, mediante los proyectos de inversión, los componentes específicos no nucleares del plan del sector energético, siempre que el plan global sea razonable. Se juzgaría la racionalidad utilizando los criterios como el tamaño relativo de cualquier mala inversión (incluyendo la energía nuclear), su tasa de retorno, su impacto en las finanzas del sector, etc. Esto es, esencialmente, lo que el Banco ha estado haciendo en el sector energético, al igual que otros sectores. Permitiría que el Banco continúe ayudando a mejorar las políticas e instituciones de un sector que requiere grandes cantidades de capital. La efectividad del Banco dependería de la magnitud de sus préstamos y su voluntad para realizar algunos de ellos durante un período de años. Como se observó en el párrafo anterior, el tema de la fungibilidad del dinero podría presentarse todavía -- aún para los préstamos realizados fuera del sector energético -- pero el grado de dicha fungibilidad será menor que la de un préstamo sectorial.

## **CEMENTO**

1. Esta categoría incluye las instalaciones con hornos que emplean el proceso húmedo o seco para producir cemento de piedra caliza, y las que emplean agregado liviano para producirlo a partir de esquisto o pizarra. Se utilizan hornos giratorios que elevan los materiales a temperaturas de 1400<sup>o</sup>C. Las materias primas principales son piedra caliza, arena de sílice, arcilla, esquisto, marga y óxidos de tiza. Se agrega sílice, aluminio y hierro en forma de arena, arcilla, bauxita, esquisto, mineral de hierro y escoria de alto horno. Se introduce yeso durante la fase final del proceso. Toda las materias primas se reciben y se almacenan a granel. La tecnología de hornos de cemento se emplea en todo el mundo. Usualmente, las plantas de cemento se ubican cerca de las canteras de piedra caliza a fin de reducir los costos de transporte de materia prima. Sea que estén yuxtapuestos o no, los impactos ambientales de la operación de la cantera deben ser considerados durante la evaluación de los impactos del proceso de fabricación del cemento (ver la sección sobre "Extracción Minera y Procesamiento de Minerales"). La Figura 10.1 proporciona un diagrama generalizado de los procesos de la fabricación húmedo y seco del cemento.

## **Impactos Ambientales Potenciales**

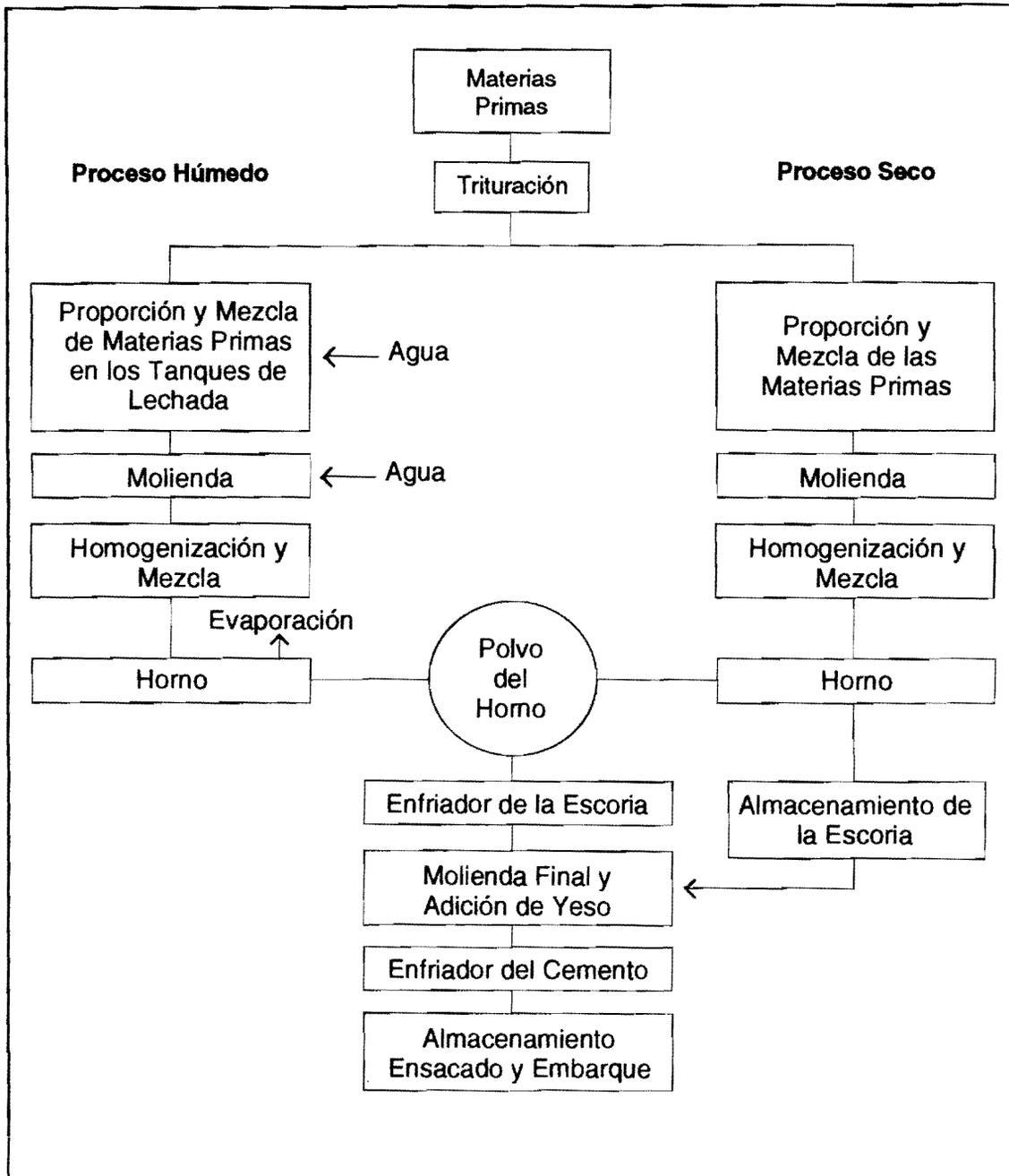
2. Las plantas de cemento pueden tener impactos ambientales positivos en lo que se relaciona con el manejo de los desechos. La tecnología y el proceso son muy apropiados para la reutilización o destrucción de una variedad de materiales residuales, incluyendo algunos desperdicios peligrosos (ver la sección "Manejo de Materiales Peligrosos"). Asimismo, el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, neutralizar los efluentes ácidos de las minas, estabilizar los desechos peligrosos o como relleno para el asfalto.

3. Los impactos ambientales negativos de las operaciones de cemento ocurren en las siguientes áreas del proceso: manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), molienda (partículas), y emisiones durante el enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno", gases de combustión que contienen monóxido y dióxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de sulfuro y nitrógeno). Los contaminantes hídricos se encuentran en los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos [principalmente potasio y sulfato]), y el agua de enfriamiento del proceso (calor residual). El escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas. (Ver la Tabla 10.10 al final de esta sección para otros ejemplos de los impactos ambientales negativos y las medidas que se recomiendan para evitarlos o atenuarlos.)

4. El polvo, especialmente el sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta. Es peligroso exponer a los empleados a niveles altos de ruido. El ruido y el tráfico de los camiones pueden ser molestias para la comunidad circundante.

5. Como algunos de los impactos mencionados pueden ser evitados completamente, o atenuados más exitosamente, si se escoge el sitio de la planta con cuidado, se debe leer la sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales", conjuntamente con esta sección.

**Figura 10.1. Diagrama de Flujo de los Procesos Húmedos y Secos Típicos de la Fabricación de Cemento**



## **Temas Especiales**

### **Emisiones de Partículas a la Atmósfera**

6. La fabricación de cemento incluye el transporte de materiales polvorientos o pulverizados desde la cantera de piedra caliza, hasta el embarque del producto terminado para envío. Las partículas son la causa más importante del impacto ambiental negativo. Los precipitadores electrostáticos, o los filtros de bolsa, constituyen un requerimiento rutinario para controlar las emisiones de partículas de los hornos. El control del polvo que resulta del transporte de los materiales es uno de los desafíos más difíciles; las bandas transportadoras, pilas de acopio, y caminos de la planta, pueden ser causas más importantes de degradación de la calidad del aire, que las emisiones del molino y el horno. Se deben emplear recolectores mecánicos de polvo donde sea práctico, por ejemplo, en los trituradores, transportadores y el sistema de carga. En la mayoría de los casos, el polvo recolectado puede ser reciclado, reduciendo el costo y disminuyendo la producción de desechos sólidos. Se puede mantener limpios los camiones de la planta con aspiradoras y/o rociadores, a fin de eliminar el polvo atmosférico causado por el tráfico y el viento. Deben ser cubiertas las pilas de acopio tanto como sea posible. Los camiones que transportan materiales a la planta y fuera de ésta deben tener carpas y límites de velocidad.

### **Descargas de Desechos Líquidos**

7. En las plantas del proceso "seco", se alimentan al horno las materias primas secas. El único efluente es el agua de enfriamiento, y ésta puede ser eliminada con torres de enfriamiento o piscinas. En el proceso "húmedo", se alimentan las materias primas al horno en forma de una lechada. En algunos casos, las plantas pueden lixiviar el polvo del horno que se ha recolectado, a fin de eliminar el álcali soluble antes de volver a alimentarlo al horno. En estas plantas, el rebosamiento del clarificador del proceso de lixiviación constituye la fuente más severa de contaminación hídrica; requiere neutralización (posiblemente mediante carbonación) antes de descargarlo.

### **Uso de los Hornos de Cemento para Reciclar o Eliminar los Desechos**

8. Los desechos de aceite, solventes, residuos de pintura y otros desperdicios inflamables, han sido utilizados como combustibles suplementarios para los hornos de cemento. Esta práctica comenzó en los Estados Unidos en 1979, para conservar energía y reducir los costos de combustible, y ha sido satisfactorio en términos, tanto de la calidad del producto, como el impacto ambiental. Además, algunos desechos sólidos pueden ser utilizados como combustibles, tal como las llantas gastadas. Los requerimientos de materia prima pueden ser satisfechos, parcialmente, con los desperdicios (rutinariamente usados) de otras industrias: yeso de las plantas de ácido fosfórico, piritas cocinadas de la producción de ácido sulfúrico, escoria de los hornos altos, y ceniza de las plantas termoeléctricas a carbón.

9. La alta temperatura de la llama y la naturaleza del producto hacen que los hornos de cemento sean atractivos para destruir una variedad de materiales orgánicos peligrosos. Manejados correctamente, los hornos constituyen una alternativa mucho menos costosa que los incineradores de desechos. Las pruebas realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. y otros, han demostrado que la destrucción de los compuestos orgánicos, incluyendo PCB y los pesticidas organocloruros y organofósforos, iguala o supera los resultados logrados por los incineradores de desperdicios peligrosos que operan a temperaturas más bajas. Muchos compuestos metálicos tóxicos pueden ser quemados en los hornos de cemento en cantidades que sean suficientemente pequeñas, y que no afecten negativamente la calidad del producto, ni la seguridad, porque se vinculan a la escoria y llegan a formar parte del producto. El plomo, sin embargo, requiere atención especial; hasta la mitad de la cantidad introducida sale del horno y se precipita con el polvo del horno. El reciclaje del polvo aumenta la concentración del plomo hasta el punto en que éste, también, se vincula a la escoria, pero una cantidad pequeña (0.2 al 1.0 por ciento) se escapa con los gases

de la chimenea. Talium se emite con el humo del horno -- es decir, no se liga a los sólidos -- y los estudios del comportamiento del mercurio han sido inconcluyentes.

10. Al utilizar los hornos de cemento para eliminar los desechos peligrosos, se necesitan previsiones especiales en cuanto a los procedimientos de operación de la planta, el personal y el monitoreo para proteger a los trabajadores, la salud pública y la calidad del medio ambiente. También, hay que diseñar planes de respuesta de emergencia, y se requiere la participación de la comunidad que potencialmente pueda ser afectada. Para mayor información, se debe consultar las siguientes secciones, junto con las presentaciones sobre Administración y Capacitación, y Monitoreo que se encuentran en esta sección: "Manejo de Peligros Industriales", "Manejo de Materiales Peligrosos", y "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales."

## **Alternativas del Proyecto**

### **Selección del Sitio**

11. Los temas generales que deben ser considerados durante la ubicación de las plantas industriales fueron presentados en la sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales." La naturaleza de la producción del cemento es tal que los impactos sobre la calidad del aire y de la extracción de la materia prima y el transporte de los materiales a granel a la planta y fuera de ésta, merecen atención especial durante la evaluación de los sitios alternativos. Son inadecuadas las regiones donde la calidad del aire es inferior a lo establecido, o donde existen áreas pobladas cuyas características meteorológicas o topográficas limitan la circulación del aire. Si la demanda de materia prima de la planta requiere la abertura de nuevas canteras, deben ser identificadas (si se conocen) y se debe estudiar los impactos ambientales de éstas como parte del proyecto. Es un factor positivo para la selección del sitio, si está cerca a las fuentes de desechos que pueden servir como combustible, o sustitutos y suplementos para la materia prima. Si todas las características son similares, es preferible escoger un sitio cerca de la fuente de piedra caliza, para reducir los costos de transporte (1 tonelada de cemento requiere 1,3 - 1,4 toneladas de piedra caliza).

### **Combustibles Alternativos**

12. Los hornos de cemento pueden ser calentados con carbón, petróleo o gas, o una combinación de estos. Los desechos pueden servir como combustible suplementario. Además, estas decisiones tienen implicaciones para la calidad ambiental y la magnitud de la inversión que se requerirá para controlar la contaminación.

#### **(a) Control de la Contaminación Atmosférica**

alternativas para captar el polvo del horno:

- precipitador electroestático;
- filtro;

alternativas para captar el polvo del enfriador de la escoria:

- filtro de cama granular;
- precipitador electroestático;
- filtro;

alternativas para controlar el polvo de las otras operaciones:

- cubrir o encerrar los transportadores, trituradores, puntos de transferencia de los materiales, áreas de almacenamiento;
- instalar colectores mecánicos de polvo y/o filtros donde sean necesarios;
- pavimentar los caminos de la planta;
- emplear aspiradoras para limpiar las calles de la planta;
- rociadores para los caminos y pilas de acopio de la planta;
- emplear el rocío de latex para estabilizar las pilas de acopio.

**(b) Control de la Contaminación del Agua**

- reciclar el agua residual del proceso húmedo por el horno;
- torres y piscinas de enfriamiento;
- controlar con diques el escurrimiento de las pilas de desechos y materia prima;
- controlar con forros la infiltración de las pilas de desechos y materia prima.

### **Administración y Capacitación**

13. Los impactos negativos potenciales sobre la calidad del aire, provenientes de todos los procesos de la fabricación de cemento, y sobre la calidad del agua, a causa de las plantas de lixiviación, requieren que las instituciones apoyen la operación y supervisión eficiente del control de la contaminación, y la reducción de los desperdicios. El personal de la planta debe incluir un ingeniero que haya sido capacitado en las tecnologías de control de la contaminación atmosférica e hídrica y de monitoreo que se emplean. Al solicitársela, los fabricantes, a menudo, proveerán la capacitación necesaria en la operación y mantenimiento de los equipos. Se deben establecer los procedimientos normales de operación para la planta, y éstos han de ser implementados por la gerencia. Deben incluir la operación de los equipos de control de la contaminación, los requerimientos de monitoreo de la calidad del agua, la limpieza de los caminos y áreas de almacenamiento de la planta, los procedimientos para disminuir los impactos negativos que ocurren durante la puesta en marcha del horno (cuando los precipitadores no operan efectivamente), y las instrucciones de notificación y paralización, u otras respuestas, si fallan los equipos que controlan la contaminación.

14. Se deben establecer las normas de salud y seguridad para la planta, incluyendo los procedimientos que mantienen la exposición al polvo y el sílice libre, en un nivel que sea inferior a las normas nacionales (o si no existen, inferior a los límites del Banco Mundial), un programa de exámenes médicos regulares, y capacitación permanente en los aspectos de salud y seguridad de la planta y las buenas prácticas ambientales. (Para mayor información, ver Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial.)

15. Si la planta será utilizada para la destrucción de los desechos peligrosos, se requerirán procedimientos especiales para manejar estos materiales en el sitio, y para responder a las emergencias. La parte de la operación que corresponde a la eliminación de los desechos peligrosos debe ser supervisada y realizada por empleados con entrenamiento especial. El transporte y el almacenamiento de los materiales debe ser controlado cuidadosamente por los funcionarios apropiados de las agencias reglamentarias y de seguridad pública, y han de realizarse según las prácticas aceptadas para el manejo de dichos materiales, y para la notificación y respuesta de emergencia (Ver la Sección "Manejo de Peligros Industriales").

16. Se deben fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen, o si no los hay, según los lineamientos del Banco Mundial. Puede ser necesario dar capacitación especializada a las agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de monitorear la operación de los equipos de

control de la contaminación, ejecutar las normas, y vigilar las actividades de destrucción de los desechos peligrosos, y asegurar que dispongan de los equipos y autoridad necesarios. La evaluación ambiental debe incluir una valorización de las capacidades locales que existen en estas áreas y recomendar los elementos de ayuda apropiados que han de ser incluidos en el proyecto.

### **Monitoreo**

17. Los planes de monitoreo son importantes para la planta y el sitio específico. Sin embargo, en general, el monitoreo de una planta de cemento debe incluir los siguientes aspectos: control continuo de la opacidad del gas de la chimenea y pruebas periódicas para detectar la presencia de partículas, para calibrar y verificar los monitores de opacidad; control del polvo del horno, el gas de la chimenea y el cemento, a fin de detectar la presencia de los materiales tóxicos que están siendo quemados; verificación del pH (en forma continua), los sólidos totales disueltos y suspendidos, la alcalinidad, y el contenido de potasio y sulfatos de las corrientes de desechos líquidos; monitoreo de las áreas de trabajo para detectar el polvo fugitivo, el sílice libre y el ruido; control de las aguas de recepción a fin de monitorear el pH y su contenido total de sólidos suspendidos; control de la calidad del aire ambiental para detectar la presencia de partículas suspendidas; monitoreo del escurrimiento y lixiviación de las pilas de acopio; e inspección para asegurar que se cumplan los procedimientos de seguridad y de control de la contaminación.

Tabla 10.10 Cemento

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta en o cerca de los habitats sensibles como mangles, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. <ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.</li><li>• Integrar la participación de las agencias de los recursos naturales en el proceso de la selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.</li></ul>
2. Ubicación cerca de los ríos que causa su eventual degradación.	2. <ul style="list-style-type: none"><li>• El proceso de la selección del sitio debe examinar las alternativas que reducen los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua.</li><li>• Las plantas que produzcan descargas líquidas, no deben ubicarse en ningún río que no tenga la capacidad adecuada para absorber los desechos.</li></ul>
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	3. Ubicarla en una área que no esté sujeta a inversiones o atrapamiento de los contaminantes, y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
4. La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.	4. <ul style="list-style-type: none"><li>• La selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos:<ul style="list-style-type: none"><li>• el lote debe ser de un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio;</li><li>• la planta debe estar cerca de un depósito para la eliminación de desechos;</li><li>• la ubicación debe ser conveniente para que los contratistas públicos/ privados puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</li></ul></li></ul>

Tabla 10.10 Cemento (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	
5. <ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación hídrica debido a los efluentes y el agua de enfriamiento o el escurrimiento de las pilas de desechos.</li><li>Planta: Sólidos Totales Suspendidos, Sólidos Totales Disueltos, temperatura, pH.</li><li>Esgurrimiento de las pilas de acopio: Sólidos Totales Suspendidos, pH.</li></ul>	5. <ul style="list-style-type: none"><li>El análisis de laboratorio de los efluentes debe incluir los Sólidos Totales Disueltos, los Sólidos Totales Suspendidos, las sales, la alcalinidad, el potasio, los sulfatos, y el monitoreo in-situ del pH y la temperatura.</li></ul>
	<u>Todas las plantas</u>
	<ul style="list-style-type: none"><li>No debe haber ninguna descarga de agua de enfriamiento. Si no es factible reciclarla, se puede descargar el agua de enfriamiento, siempre que la temperatura del agua que la recibe no suba más de 3°C;</li><li>no debe haber ninguna descarga del agua de lavado, ni los derrames del tanque de la lechada;</li><li>Mantener el pH del efluente entre 6.0 y 9.0.</li></ul>
	<u>Plantas que no realizan lixiviación</u>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Sólidos Totales Suspendidos &lt; 5 g/tonelada de producto.</li><li>Sólidos Totales Disueltos, su concentración no debe ser mayor que la del agua que ingresa a la planta.</li></ul>
	<u>Plantas que realizan lixiviación</u>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Sólidos Totales Suspendidos &lt; 150 g/tonelada de producto.</li><li>Sólidos Totales Disueltos &lt; 1.5 kg/tonelada de producto.</li></ul>
	<u>Pilas de acopio de materiales</u>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Reducir al mínimo la cantidad de lluvia que se filtra por los montones y se escurra de manera incontrolada.</li><li>Revestir las áreas de almacenamiento.</li></ul>

**Tabla 10.10 Cemento (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	<u>Lavado de equipos, caminos y otros</u>
6. Emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la planta: trituración, manejo de materiales, hornos, enfriadores de escoria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 150 g/tonelada de producto durante el lavado de los equipos o durante los períodos de lluvia.</li> <li>• Los procedimientos de limpieza de la planta deberán reflejar el nivel deseado de mitigación.</li> </ul>
7. Emisión de partículas de las fuentes que se encuentran a nivel de la tierra (partículas de polvo fugitivo), caminos, pilas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar las partículas con filtros recolectores de tela.</li> <li>• Controlar las emisiones de partículas del horno con recolectores precipitadores electrostáticos de polvo, y emplear acondicionamiento con agua en las operaciones secas del proceso.</li> <li>• Controlar las partículas de la siguiente manera:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• del horno, 150 g/tonelada de materia prima;</li> <li>• del enfriador de escoria, 50 g/tonelada de escoria;</li> <li>• a nivel de la tierra fuera del perímetro de la planta, 80 µg/m³;</li> <li>• descarga de la chimenea, 100 µg/m³;</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
8. Emisión por el horno de SO <sub>x</sub> gaseoso hacia la atmósfera, proveniente de la quema de los combustibles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>7. • Las medidas de control incluyen:           <ul style="list-style-type: none"> <li>• tratamiento de los caminos;</li> <li>• rocío de agua en las pilas;</li> <li>• uso de una aspiradora industrial;</li> <li>• límite de velocidad de 20 km/h;</li> </ul> </li> <li>8. • Controlar con la acción natural de limpieza, que hacen los materiales alcalinos, mejorada mediante el uso de los hornos de precalentamiento, y los gases de escape, para secar la materia prima durante la molienda.</li> </ul>

Tabla 10.10 Cemento (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se analiza la materia prima durante la etapa de factibilidad del proyecto, se puede determinar su contenido de azufre; de esta manera se puede diseñar correctamente los equipos que controlan las emisiones.</li> </ul>
	<u>Dentro de la cerca de la planta</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media aritmético anual: 100 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>;</li> <li>• Valor tope durante 24 horas: 1000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>;</li> </ul>
	<u>Fuera del perímetro de la planta</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media aritmético anual: 100 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>;</li> <li>• Valor tope durante 24 horas: 500 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>;</li> </ul>
9. Emisión por el horno de $\text{NO}_x$ gaseoso hacia la atmósfera, proveniente de la quema de los combustibles.	9. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el <math>\text{NO}_x</math> mediante el uso de carbón y hornos precalentadores/precalcinadores.</li> <li>• Se debe controlar cuidadosamente el uso del material vegetal o los desechos químicos de otras industrias locales, porque estos combustibles pueden aumentar las emisiones atmosféricas de <math>\text{NO}_x</math>.</li> </ul>
10. Contaminación atmosférica durante la puesta en marcha del horno (si el precipitador electrostático no está funcionando).	10. De ser posible, efectúe la puesta en marcha en un momento en que el viento no esté soplando hacia las áreas pobladas, o ecológicamente frágiles.
11. Contaminación atmosférica como resultado del mal funcionamiento del precipitador electrostático.	11. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar el precipitador con cámaras paralelas a fin de utilizar una parte del equipo cuando la otra esté en reparación.</li> <li>• Exigir la paralización del horno si el precipitador está completamente fuera de servicio.</li> </ul>
12. • La quema de los desechos y aceites peligrosos como combustibles suplementarios, puede emitir a la atmósfera los contaminantes tóxicos de la combustión incompleta, y metales como plomo.	12. • No obstante, los estudios han demostrado que la mayoría de materiales orgánicos se destruyen con una eficiencia del 99.99 por ciento y que el polvo del cemento absorbe los metales, los mismos que se acumulan luego en el sistema que controla la contaminación atmosférica.

Tabla 10.10 Cemento (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El manejo y almacenamiento de los desechos peligrosos significa riesgos para la comunidad y el medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe tener cuidado y asegurarse que, (a) los desechos y aceites peligrosos se analicen antes de aprobarlos para incineración, y (b) que se mantenga la eficiencia de combustión del horno.</li> </ul>
<p>13. Los componentes del escurrimiento superficial que se lixivian del polvo del horno, la materia prima, la escoria, el carbón y otras sustancias que, a menudo, se acopian en pilas sobre el terreno de la instalación, pueden contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir los desechos en el extremo “caliente” del horno.</li> <li>• Diseñar los procedimientos de manejo de los desechos peligrosos y los planes de contingencia (ver la sección: “Manejo de Materiales Peligrosos”).</li> </ul> <p>13. • Se puede controlar la filtración de agua lluvia y el escurrimiento desde las pilas de acopio de los materiales sólidos, del combustible y de los desechos, si se los cubre y/o se emplea contención para prevenir su filtración hacia las aguas superficiales o freáticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tamaño de las áreas represadas debe ser suficiente para contener una lluvia normal de 24 horas.</li> </ul>
<b>Indirectos</b>	
<p>14. • Los efectos ocupacionales para la salud de los trabajadores debido al polvo fugitivo, el manejo de los materiales u otras operaciones del proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La incidencia de los accidentes es mayor que lo normal debido al nivel de experiencia de los trabajadores.</li> </ul>	<p>14. • La instalación debe implementar un Programa de Seguridad y Salud que incluya lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los peligros para la seguridad y la salud con un nivel específico de detalle;</li> <li>• considerar los peligros para la salud y seguridad de los trabajadores;</li> </ul>

Tabla 10.10 Cemento (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b> (continuación)	
15. Se complica el problema de la eliminación de los desechos sólidos en la región debido a la falta de almacenamiento en el sitio;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proponer los procedimientos necesarios para proteger a los empleados;</li> <li>• dar capacitación de seguridad;</li> </ul>
16. Se alteran los modelos de tránsito, se crea ruido y congestión, y se producen peligros para los peatones debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima, el combustible o el cemento hacia la planta o fuera de ella;	<p>15. • Planificar las áreas adecuadas para la eliminación en el sitio, o emplear el polvo del horno u otros subproductos como material de relleno local, luego de verificar si el líquido lixiviado tiene características peligrosas.</p> <p>• Utilizar el polvo del horno para tratar el suelo, neutralizar el ácido o estabilizar los desechos peligrosos.</p> <p>16. • La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas;</p> <p>• Se deben preparar estudios especiales del sector de transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.</p> <p>• Reglamentar a los transportistas y diseñar planes de contingencia de emergencia para reducir el riesgo de accidentes durante el transporte de los combustibles residuales.</p>
17. Al explotar la piedra caliza localmente para suministrarla a la planta de cemento, puede crear conflictos con otras industrias, como la vivienda y construcción, que dependen de recursos similares, además, puede agravar la erosión/sedimentación de los ríos, si las operaciones se realizan de manera incontrolada o sin restricciones.	<p>17. • Planificar el uso de la piedra caliza, tomando en cuenta su disponibilidad e imponer restricciones sobre el trabajo realizado en la cantera.</p> <p>• Coordinar con la agencia responsable, un estudio de las opciones de rescate una vez que la instalación salga del servicio.</p> <p>• Planificar la restauración de la mina de piedra caliza.</p>

## QUIMICO Y PETROQUIMICO

1. El sector de la industria química y petroquímica contiene una multitud de procesos y es la más diversa. Se la puede subdividir en las siguientes categorías: (a) químicos inorgánicos, (b) químicos orgánicos, (c) petroquímicos y (d) químicos finos, farmacéuticos, tintas sintéticas y explosivos.

La industria de los fertilizantes es parte de la industria química y petroquímica; sin embargo, se trata por separado en esta sección.

2. El grupo de químicos inorgánicos incluye la fabricación de cloro/álcali, carburo de calcio, ácidos inorgánicos, sales, fósforo y sus compuestos, peróxido de hidrógeno, pigmentos inorgánicos (p.ej., dióxido de titanio) y muchas sales metálicas de los ácidos que se han mencionado. Se tratan los químicos inorgánicos como amoníaco, ácido nítrico, urea, ácido fosfórico, etc., en la sección sobre la fabricación de fertilizantes.

3. Los petroquímicos constituyen una categoría separada de químicos orgánicos. La mayoría de estos químicos emplean petróleo, gas natural o carbón como materia prima, y muchos se producen en grandes cantidades (con plantas de producción de 1.000 toneladas/año para los productos especiales y 500.000 toneladas/año para los básicos).

4. Muchos de los petroquímicos requieren un almacenamiento para líquidos o gases. Los ejemplos son: etileno, metanol, etanol, ácido acético, acetona, ácido adípico, anilina, bencina, caprolactam, los compuestos de cloro y fluoro con químicos alifáticos o aromáticos, dinitro y trinitrotolueno, formaldehído y alcoholes. Los productos sólidos incluyen: las resinas sintéticas, plásticos y elastómeros, caucho, melamina, nylon, poliéster, poliolefinas y polivinilcloruros. Los otros productos como celulosa y los químicos basados en el azúcar, si bien no son petroquímicos, puede ser incluidos en este grupo.

5. Los químicos finos y los farmacéuticos forman un grupo separado, principalmente debido a un enfoque industrial diferente. Casi siempre se fabrican estos químicos en cantidades pequeñas, sea en base a los petroquímicos, productos naturales o químicos inorgánicos. Este grupo incluye todas las fragancias y sabores sintéticos, tintas sintéticas, productos farmacéuticos intermedios y finales.

6. Generalmente, las instalaciones modernas que fabrican químicos, incluyen la construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas, a fin de permitir la reutilización del agua después de haber reducido la concentración de los contaminantes con métodos químicos o físicos, hasta un nivel que se considere tolerable. Preferiblemente, las instalaciones de almacenamiento de las materias primas y productos deben ser diseñados y construidos con provisiones de contención, como tanques de doble pared, diques, o muros de concreto y sistemas para detectar fugas de los tanques.

### Impactos Ambientales Potenciales

7. La mayoría de los materiales que se utilizan en la fabricación de químicos y petroquímicos son inflamables y explosivos. Si bien muchos de los químicos y petroquímicos son tóxicos, algunos también son carcinogénicos. Los riesgos potenciales de explosión son más severos, comparados, por ejemplo, con la industria de refinación, porque los compuestos son muy reactivos y las presiones que ocurren durante su manufactura y manejo son altas.

8. Los materiales muy tóxicos que causan lesiones inmediatas, como fosgeno o cloro, serían clasificados como un peligro para la seguridad. Otros causan efectos a largo plazo, a veces con concentraciones muy bajas. En los estudios realizados sobre la producción de químicos y su impacto ambiental, se encontró que las consideraciones de toxicidad, peligro y operabilidad juegan un papel importante. Los posibles desechos y emisiones dependen de los

tipos de compuestos que se fabriquen y la gran variedad de procesos y químicos que se emplean en su manufactura.

9. Puede ser muy severo el impacto ambiental negativo, de la producción de químicos. Para proveer información sobre los riesgos químicos y para la salud, la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), una división del U.S. Department of Health and Human Resources (HHS) ha publicado un libro de guía. El Dow and Fire and Explosion Index, publicado por el American Institute of Chemical Engineers (AICE), se utiliza para obtener información sobre los riesgos de incendio y explosión. (Ver también la Tabla 10.11 al final de esta sección para un resumen de los impactos ambientales negativos de la producción de químicos y petroquímicos.)

10. Se emplean grandes cantidades de agua en la industria química para el proceso, enfriamiento y lavado. A menudo, durante la producción de químicos, se contamina el agua con estos o los subproductos. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA) ha publicado una lista de los compuestos para los cuales se han establecido guías en cuanto a efluentes. Los contaminantes que pueden representar un peligro si se descargan a los ríos y acuíferos subterráneos, incluyen los materiales tóxicos, compuestos carcinogénicos, sólidos suspendidos y sustancias que manifiestan una alta demanda de oxígeno bioquímico y químico.

11. Los recursos hídricos freáticos y superficiales pueden ser afectados, negativamente, por el agua lluvia proveniente de los patios de tanques, áreas de descarga y procesamiento de los productos, tuberías, purgación del agua de enfriamiento, agua de lavado y limpieza, y derrames casuales de materias primas y productos terminados. Normalmente, para evitar estos impactos negativos, es necesario implementar medidas para controlar el escurrimiento, incluyendo el uso de recipientes de detención del agua lluvia, la misma que recibe tratamiento antes de descargarla.

12. Dependiendo del proceso que se utilice, los contaminantes atmosféricos incluyen partículas y un gran número de compuestos gaseosos, como óxidos de azufre, óxidos de carbono y de nitrógeno procedentes de las calderas y hornos del proceso, amoníaco, compuestos de nitrógeno y clorinados. Estas emisiones provienen de varias fuentes, incluyendo el equipo del proceso, instalaciones de almacenamiento, bombas, válvulas, desfuegos y los retenedores que tienen fugas.

13. Se controlan las emisiones atmosféricas mediante el uso de incineración (mecheros), adsorción, lavado de gases, y otros procesos de absorción. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. ha desarrollado normas para la calidad del aire, que regulan las emisiones de las fábricas de químicos.

14. Los desechos sólidos de la industria química, pueden incluir restos de materia prima, polímeros residuales, lodos provenientes de la caldera, limpieza de los tanques o equipos de control de la contaminación, y ceniza producida durante la operación de las calderas a carbón. Los desechos pueden estar contaminados con las sustancias químicas de los procesos. La eliminación de los catalizadores gastados puede generar un problema ambiental en las industrias petroquímicas. Actualmente, los proveedores de catalizadores ofrecen el servicio de recibir, nuevamente, los catalizadores gastados.

## **Temas Especiales**

### **Manejo de los Materiales Peligrosos**

15. En algunos casos los desechos pueden representar un riesgo biológico o de radiación. Por ejemplo: los desechos bioindustriales o farmacéuticos pueden contener microorganismos y virus y materiales radioactivos, si el sistema de eliminación es inadecuado. Cuando se trate de la eliminación de este tipo de desechos sólidos, hay que implementar las siguientes prácticas:

- Deben haber las instalaciones adecuadas para el tratamiento, almacenamiento y eliminación de los materiales peligrosos o radioactivos;
- El país prestatario debe haber diseñado (o adoptado de los proveedores extranjeros más avanzados) e implementado, los reglamentos y normas que controlan la operación de estas plantas, y debe poder monitorear el cumplimiento de dichos reglamentos;
- Deben haber laboratorios y otras instalaciones de soporte necesarios, para realizar la recolección y análisis adecuado de las muestras ambientales.

16. La producción de materiales explosivos o químicos muy reactivos, crea problemas especiales. En este caso el diseño deberá tomar en cuenta, factores como: discos reventados, explosión, y paredes contra incendios, a fin de reducir al mínimo los riesgos que ocasiona al ambiente y a la salud, dentro y fuera del lugar de trabajo.

17. A menudo, se presentan problemas ambientales especiales, en las plantas de formulación, donde se mezclan los químicos según las fórmulas especiales que requiere el mercado. Entre estos ejemplos tenemos, las plantas de formulación de pesticidas o solventes y las fábricas de explosivos. Los procedimientos ambientales, que se adopten en estas plantas, para proteger la salud y contra los peligros, deben ser los mismos que se utilizan en las instalaciones químicas que fabrican las materias primas. (Para mayor información, ver la sección: "Manejo de Materiales Peligrosos".)

#### **Disminución de las Aguas Servidas**

18. Hay dos tipos de medidas que se pueden ser tomadas en las plantas para reducir considerablemente, el volumen del efluente. El primero contempla la reutilización del agua de un proceso en otro; por ejemplo, utilizar la purgación de las calderas de alta presión como alimento para las calderas de baja presión, o emplear el efluente tratado como agua de complemento, donde sea posible. El segundo enfoque es el de diseñar los sistemas que reciclan el agua, repetidamente, para el mismo propósito. En entre los ejemplos tenemos: el uso de torres de enfriamiento o la utilización de condensación de vapor como alimento para las calderas.

19. La limpieza y las buenas prácticas de trabajo reducirán aún más el caudal de las aguas servidas. Entre los ejemplos más importantes tenemos los siguientes: reducir el desperdicio al tomar muestras de las líneas de los productos, emplear camiones de vacío o métodos de limpieza en seco para limpiar los derrames, aplicar prácticas efectivas de inspección y mantenimiento para reducir las fugas, y separar las corrientes de desechos que tienen características especiales, antes de su eliminación (por ejemplo, la solución de limpieza gastada).

#### **Ruido**

20. Las plantas fabricantes de químicos y petroquímicos pueden causar importantes niveles de ruido, y las fuentes son las siguientes: compresores centrifugas de alta velocidad, compresores de tornillo giratorio, válvulas de control, sistemas de tubería, turbinas a gas, bombas, hornos, mecheros, intercambiadores de calor con enfriamiento por aire, torres de enfriamiento y desfuegos. Los niveles típicos de ruido varían entre 70 y 100 dB, a metro de la fuente. Si bien el aislamiento acústico es, a menudo, la solución más práctica, los fabricantes de los equipos, a veces, tienen líneas de aparatos de bajo ruido. El Instituto Americano de Petróleo ha publicado lineamientos sobre el ruido y su control. El Construction Specification Institute (CSI) proporciona una guía sobre las especificaciones del aislamiento acústico.

## **Alternativas del Proyecto**

### **Sitio**

21. Hay un análisis de los aspectos generales que deben ser considerados durante la selección del sitio para una planta industrial, en la sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales." La naturaleza de la industria de fabricación de químicos, es tal que los impactos sobre el medio ambiente de la producción, almacenamiento y transporte merecen especial atención durante la evaluación de los sitios alternativos. Además de considerar las emisiones y efluentes, otro aspecto que requiere atención es el transporte de la materia prima y los productos finales. A menudo se tratan de materiales tóxicos o muy inflamables, especialmente en las industrias petroquímicas, que pueden causar problemas especiales de transporte. Las emisiones pueden ser perjudiciales para la ecología circundante, o las áreas habitadas cercanas, como poblaciones y ciudades. Se debe evitar el transporte de estos materiales a través de las áreas densamente pobladas.

### **Procesos de Fabricación**

22. La manufactura química emplea una gran variedad de equipos de procesamiento y almacenamiento. Durante la fase de diseño, se debe dar especial atención a los procesos alternativos. Un ejemplo, es la selección del proceso para una planta de electrólisis de cloro/álcali. Los diseños más antiguos emplean celdas de electrólisis de mercurio, y representan una amenaza ambiental muy grande, debido al contenido de mercurio de las aguas servidas. Actualmente, hay procesos alternativos como los procesos de diafragma (el asbesto de las celdas constituye un peligro menor) y membrana que no utilizan mercurio.

### **Control de la Contaminación**

23. Actualmente, hay equipos de control de la contaminación atmosférica y de efluentes, para casi todas las corrientes de desechos gaseosos o líquidos. Los equipos de control de contaminación atmosférica incluyen los siguientes: sistemas de lavado de gases, separación de membrana, ciclones, precipitadores electroestáticos, filtros, reducción u oxidación catalítica, incineración y absorción.

24. Se puede controlar los efluentes mediante neutralización, evaporación, aireación, despojo, flotación, filtración, separación de aceite, absorción de carbón, intercambio iónico, osmosis invertida, tratamiento biológico y riego de las aguas servidas en el terreno.

### **Administración y Capacitación**

25. Los impactos potenciales de los procesos de fabricación de químicos y petroquímicos, sobre el aire, el agua y el suelo, implican la necesidad de tener un apoyo institucional, para asegurar que sea eficiente, la supervisión del manejo de los materiales y para controlar la contaminación y reducir los desperdicios. Se debe capacitar al personal de planta en las técnicas que se empleen para controlar la contaminación del aire y el agua. A menudo, los fabricantes de los equipos, proveerán la capacitación necesaria en cuanto a su operación y mantenimiento. Se deben establecer procedimientos normales de operación de la planta, para que sean implementados por la gerencia. Estos deben incluir la operación de los equipos que controlan la contaminación, requerimientos en cuanto al monitoreo de la calidad del aire y el agua, instrucciones a los operadores a fin de prevenir las emisiones malolientes, y directrices con respecto a la notificación de las autoridades competentes en el caso de una descarga casual de contaminantes. Se debe mejorar el manejo de las sustancias tóxicas y peligrosas mediante el uso de detectores, alarmas, etc., y capacitación especial para el personal operativo.

26. Son necesarios los procedimientos de emergencia a fin de implementar acción rápida y efectiva en el caso de que ocurran accidentes, como derrames, incendios y/o

explosiones mayores, que representen graves riesgos para el medio ambiente o la comunidad circundante. Frecuentemente, los funcionarios y agencias del gobierno local, así como los servicios comunitarios (médicos, bomberos, etc.), juegan un papel clave en este tipo de emergencia; por eso, deben ser incluidos en el proceso de planificación. Los ejercicios periódicos son componentes importantes de los planes de respuesta. (Ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales", para mayores detalles.)

27. Se deben establecer e implementar normas de salud y seguridad en la planta, incluyendo las siguientes:

- Provisiones para prevenir y responder a fugas casuales de gases o derrames fortuitos de líquidos químicos.
- Procedimientos para asegurar que la exposición a los vapores químicos sea inferior a las normas aceptadas (ver la Guide to Chemical Hazards de The National Institute for Occupational Safety and Health).
- Un programa de exámenes médicos rutinarios, si se manejan, almacenan, procesan o transportan químicos peligrosos.
- Capacitación permanente sobre la salud y seguridad en la planta, y buenas prácticas de limpieza ambiental.
- Procedimientos de emergencia (y ejercicios regulares) a fin de tener un plan de acción en el caso de que se produzca un derrame, fuga, explosión o incendio mayor.

(Para mayores detalles, ver Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial, y las siguientes secciones de este capítulo: "Manejo de Peligros Industriales", "Manejo de Materiales Peligrosos", y "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales.")

28. Se debe fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen; caso contrario, deben establecerse de acuerdo a los lineamientos del Banco Mundial. Las agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de monitorear la calidad del aire y el agua, operar los equipos de control de la contaminación, implementar las normas, y vigilar las actividades de la eliminación de los desperdicios, deben disponer de equipos necesarios y recibir la capacitación correspondiente, a fin de que puedan hacerlo. La evaluación ambiental debe incluir la valorización de la capacidad local en este respecto, y recomendar la incorporación, en el proyecto, de los elementos apropiados de asistencia.

### **Monitoreo**

29. Debido a la gran variedad de materiales y procesos que se utilizan, es imposible dar una lista de todos los químicos que requieren monitoreo. Se debe mantener un registro permanente del monitoreo ambiental, realizar revisiones periódicas, y tomar acción correctiva. Los planes de monitoreo son necesarios para los procesos, plantas y sitios específicos; sin embargo, se deben establecer también los siguientes procedimientos:

- Monitoreo permanente de los gases de combustión de las calderas y hornos, para detectar la presencia de monóxido de carbono, el exceso de aire y la opacidad;
- Monitoreo periódico, (o permanente si el caso es crítico), de las emisiones gaseosas y de partículas para controlar la existencia de los químicos utilizados o generados en el proceso; (En el caso de las plantas petroquímicas, se trata, principalmente, de los hidrocarburos, cloro [o los compuestos que lo contienen], hidrógeno, compuestos orgánicos oxigenados, o los que contienen nitrógeno o azufre);

- Monitoreo periódico, (o permanente si el caso es crítico), de todas las corrientes de aguas servidas, incluyendo el agua de enfriamiento gastado, para detectar la presencia de los compuestos mencionados en la sección anterior;
- Medición de los parámetros seleccionados del proceso para monitorear la operación adecuada de los equipos de control de la contaminación (p.ej., la temperatura de los gases de escape para verificar la operación de los lavadores);
- Monitoreo de la calidad de aire del área de trabajo, a fin de controlar la existencia de todos los compuestos utilizados en el proceso. (A menudo, se puede combinar, fácilmente, la medición de varios de estos, p.ej., el nivel de todos los compuestos orgánicos, o el de ciertos grupos, como los que contienen cloro);
- Monitoreo de la calidad del aire ambiental alrededor de las plantas para detectar la presencia de contaminantes, especialmente los químicos tóxicos o peligrosos, mediante el uso de detectores y alarmas remotos;
- Medición de las corrientes de agua lluvia que salen de las plantas o de las áreas de almacenamiento, para controlar la existencia de los contaminantes, el pH y sólidos totales suspendidos;
- Monitoreo de la calidad del agua de recepción, aguas abajo, a fin de verificar su contenido de oxígeno disuelto y los contaminantes correspondientes;
- Monitoreo periódico de la calidad del agua freática, para detectar la contaminación proveniente del proceso o el área de almacenamiento.
- Monitoreo de los efectos de las prácticas de manejo de los desechos sólidos en los recursos hídricos superficiales y freáticos;
- Monitoreo de todas las áreas de trabajo de la planta, a fin de controlar los niveles de ruido;
- Inspecciones para asegurar que se cumplan los procedimientos de seguridad y de control de la contaminación, las revisiones oportunas y la actualización de los planes de seguridad y de emergencia;
- Análisis de las aguas de recepción a fin de controlar el pH, sólidos totales suspendidos, y el contenido de partículas del aire ambiental.

Tabla 10.11 Químico y Petroquímico

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta cerca de los habitats frágiles: manglares, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. • Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.  • Integrar la participación de las agencias de recursos naturales en el proceso de selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.
2. Ubicación cerca de los ríos causando su eventual degradación.	2. • El proceso de selección del sitio debe examinar las alternativas que reducen los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua.  • Las plantas que producen descargas líquidas no deben ubicarse sino en los ríos que tengan la capacidad adecuada para absorber los desechos que contiene el efluente tratado.
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	3. Se debe ubicar la planta en una área que no esté sujeta a inversiones ni atrapamiento de contaminantes, y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
4. La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.	4. • La selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• el lote debe tener un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio;</li> <li>• la planta debe estar cerca de un depósito de desechos;</li> <li>• debe tener una ubicación conveniente con la finalidad de que los contratistas públicas/privadas puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</li> </ul>

Tabla 10.11 Químico y Petroquímico (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	
5. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación hídrica debido a los efluentes, agua de enfriamiento, y escurrimiento de las pilas de desechos.</li> <li>• Dependiendo del proceso, está muy alto el nivel de los Sólidos Orgánicos Totales, la Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico, o el pH.</li> </ul>	5. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El análisis de laboratorio de los efluentes debe tomar en cuenta los químicos correspondientes (dependiendo del proceso), Sólidos Totales Orgánicos, Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico, pH, y monitorear la temperatura in-situ.</li> </ul>
	<u>Todas las plantas</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe haber ninguna descarga de agua de enfriamiento. Si no es factible reciclarla, se la puede descargar, siempre que la temperatura de la extensión de agua que la recibe no suba más de 3°C.</li> <li>• Mantener el pH del efluente entre 6.0 y 9.0.</li> <li>• Controlar el efluente, para que cumpla con las limitaciones especificadas en los lineamientos del Banco y otros, según el proceso específico.</li> </ul>
	<u>Áreas de Procesamiento, Almacenamiento y Despacho</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir al mínimo la filtración incontrolable de la lluvia a través de los montones.</li> <li>• Revestir las áreas de almacenamiento para recolectar toda el agua lluvia.</li> </ul>
6. La emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la planta.	6. Controlar las partículas con lavadores, filtros recolectores de tela, o precipitadores electrostáticos.
7. Las emisiones gaseosas de SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , y CO y otros químicos a la atmósfera, provenientes de los procesos.	7. Controlar mediante el lavado con agua o soluciones alcalinas, incineración o absorción con otros procesos catalíticos.

**Tabla 10.11 Químico y Petroquímico (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta (continuación)</b>	
8. Liberación casual de solventes y materiales ácidos y alcalinos, que son potencialmente peligrosos;	8. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos en buen estado, de modo que se prevengan las fugas casuales.</li> <li>• Utilizar equipo para mitigar derrames.</li> <li>• Utilizar diques o tanques de doble pared.</li> </ul>
9. Fuga accidental de radiación o material biológico peligroso (farmacéuticos);	9. Utilizar instalaciones certificadas de almacenamiento y eliminación para reducir el potencial de tener fugas.
10. Ruido;	10. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar encerramientos y aislamiento, dentro de los edificios, para los procesos o equipos que producen ruido, o utilizar otros procedimientos para reducir su impacto.</li> </ul>
11. El escurrimiento superficial de los químicos, materias primas, productos intermedios y finales, y desechos sólidos que, a menudo, se guardan en pilas en el patio de la planta, puede contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.	11. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede controlar la filtración y escurrimiento del agua lluvia de las pilas de materiales sólidos, combustible y desechos, usando cubiertas y/o contención para evitar que se contaminen las aguas freáticas y superficiales.</li> <li>• Las áreas represadas deben tener el tamaño suficiente, que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.</li> <li>• Recolectar y monitorear el agua lluvia antes de descargarla.</li> </ul>
<b>Indirectos</b>	
12. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los efectos para la salud de los trabajadores, debido al polvo fugitivo, manejo de materiales, ruido, u otras operaciones del proceso.</li> <li>• La frecuencia de accidentes es mayor que lo normal, debido al bajo nivel de experiencia de los trabajadores.</li> </ul>	12. <ul style="list-style-type: none"> <li>• La planta debe implementar un Programa de Seguridad y Salud que incluya lo siguiente.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los peligros para la salud.</li> <li>• dar capacitación de seguridad.</li> </ul> </li> </ul>

Tabla 10.11 Químico y Petroquímico (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b> (continuación)	
13. Se complica el problema de la eliminación de los desechos sólidos en la región, debido a la falta de almacenamiento en el sitio, o de instalaciones para su eliminación definitiva.	13. • Planificar áreas adecuadas para la eliminación en el sitio, luego de verificar si el lixiviador tiene propiedades peligrosas. • Diseñar, durante la fase de planificación, las instalaciones necesarias para la eliminación definitiva de los desechos.
14. Se alteran los modelos de tránsito, creando ruido y congestión, ocasionando serios peligros para los peatones, debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima hacia la planta o fuera de ella.	14. • La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas. • Se debe hacer un análisis del transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto, para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos. • Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes.

## **FERTILIZANTES**

1. Todos los proyectos de producción de fertilizantes requieren la fabricación de compuestos que proporcionan los nutrientes para las plantas: nitrógeno, fósforo y potasio, sea individualmente (fertilizantes "simples"), o en combinación (fertilizantes "mixtos").
2. El amoníaco constituye la base para la producción de los fertilizantes nitrogenados, y la mayoría de las fábricas contienen instalaciones que lo proporcionan, sin considerar la naturaleza del producto final. Asimismo, muchas plantas también producen ácido nítrico en el sitio. La materia prima preferida para producir amoníaco es el gas natural; sin embargo, se utiliza carbón, nafta y aceite combustible también. Los fertilizantes nitrogenados más comunes son: amoníaco anhidro, urea (producida con amoníaco y dióxido de carbono), nitrato de amonio (producido con amoníaco y ácido nítrico), sulfato de amonio (fabricado en base a amoníaco y ácido sulfúrico) y nitrato de calcio y amonio, o nitrato de amonio y caliza (el resultado de agregar caliza al nitrato de amonio).
3. Los fertilizantes de fosfato incluyen los siguientes: piedra de fosfato molida, escoria básica (un subproducto de la fabricación de hierro y acero), superfosfato (que se produce al tratar la piedra de fosfato molida con ácido sulfúrico), triple superfosfato (producido al tratar la piedra de fosfato con ácido fosfórico), y fosfato mono y diamónico (MAPA y DAP). Las materias primas básicas son: piedra de fosfato, ácido sulfúrico (que se produce, usualmente, en el sitio con azufre elemental), y agua.
4. Todos los fertilizantes de potasio se fabrican en base a salmueras o depósitos subterráneos de potasa. Las formulaciones principales son cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio.
5. Se pueden producir fertilizantes mixtos, mezclándolos en seco, granulando varios fertilizantes intermedios mezclados en solución, o tratando la piedra de fosfato con ácido nítrico (nitrofosfatos).

### **Impactos Ambientales Potenciales**

6. Los impactos socioeconómicos positivos de esta industria son obvios: los fertilizantes son críticos para lograr el nivel de producción agrícola necesario para alimentar la población mundial, rápidamente creciente. Además, hay impactos positivos indirectos para el medio ambiente natural que provienen del uso adecuado de estas sustancias; por ejemplo, los fertilizantes químicos permiten intensificar la agricultura en los terrenos existentes, reduciendo la necesidad de expandirla hacia otras tierras que puedan tener usos naturales o sociales distintos.
7. Sin embargo, los impactos ambientales negativos de la producción de fertilizantes pueden ser severos. Las aguas servidas constituyen un problema fundamental. Pueden ser muy ácidas o alcalinas y, dependiendo del tipo de planta, pueden contener algunas sustancias tóxicas para los organismos acuáticos, si las concentraciones son altas: amoníaco o los compuestos de amonio, urea de las plantas de nitrógeno, cadmio, arsénio, y fluoro de las operaciones de fosfato, si está presente como impureza en la piedra de fosfato. Además, es común encontrar en los efluentes, sólidos totales suspendidos, nitrato y nitrógeno orgánico, fósforo, potasio, y (como resultado), mucha demanda de oxígeno bioquímico (DOB5); y, con la excepción de la demanda de oxígeno bioquímico, estos contaminantes ocurren también en las aguas lluvias que escurren de las áreas de almacenamiento de los materiales y desechos. Es posible diseñar plantas de fosfato de tal manera que no se produzcan descargas de aguas servidas, excepto en el caso del rebosamiento de una piscina de evaporación durante las temporadas de excesiva lluvia, pero esto no siempre es práctico.

8. Los productos de fertilizantes terminados también son posibles contaminantes del agua; su uso excesivo e inadecuado puede contribuir a la eutroficación de las aguas superficiales o contaminación con nitrógeno del agua freática. Además, la explotación de fosfato puede causar efectos negativos. Estos deben ser tomados en cuenta, cuando se predicen los impactos potenciales de proyectos que incluyan las operaciones de extracción nuevas o expandidas, sea que la planta esté situada cerca de la mina o no (ver la sección: "Extracción y Procesamiento de Minerales").

9. Los contaminantes atmosféricos contienen partículas provenientes de las calderas, trituradores de piedra de fosfato, fluoro (el contaminante atmosférico principal que se originan en las plantas de fosfato), neblina ácida, amoníaco, y óxidos de azufre y nitrógeno. Los desechos sólidos se producen principalmente en las plantas de fosfato, y consisten usualmente en ceniza (si se emplea carbón para producir vapor para el proceso), y yeso (que puede ser considerado peligroso debido a su contenido de cadmio, uranio, gas de radon y otros elementos tóxicos de la piedra de fosfato).

10. La fabricación y manejo de ácido sulfúrico y nítrico representa un riesgo de trabajo y peligro para la salud, muy grande. Los accidentes que producen fugas de amoníaco pueden poner en peligro no solamente a los trabajadores de la planta, sino también a la gente que vive o trabaja en los lugares aledaños. Otros posibles accidentes son las explosiones, y las lesiones de ojos, nariz, garganta y pulmones.

11. Como algunos de los impactos que se han mencionado pueden ser evitados completamente, o atenuados más exitosamente a menor costo, si se escoge el sitio con cuidado, (ver la Tabla 10.12 al final de esta sección), se debe leer, conjuntamente con esta sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales".

## **Temas Especiales**

### **Desechos Sólidos**

12. Son complejos los desechos sólidos que se producen durante la fabricación de fertilizantes, y estos no pueden ser arrojados, indiscriminadamente, en el suelo. Los materiales potencialmente peligrosos contienen: catalizadores de vanadio, provenientes de las plantas de ácido sulfúrico, y lodos de arsenio, de las fábricas de ácido sulfúrico que utilizan piritas; requieren un manejo y eliminación especial. Si el yeso está contaminado con metales tóxicos, puede ser difícil eliminarlo. La eliminación de la ceniza de las plantas de amoníaco que utilizan gasificación de carbón puede ser un problema. El área de terreno debe ser suficiente para poder colocar almacenar adecuadamente los desperdicios sólidos. Existen oportunidades para reutilizar estos desechos sólidos y éstas deben ser evaluadas para cada proyecto (ver el siguiente párrafo). El diseño del proyecto debe identificar las medidas definitivas necesarias para eliminar los desechos sólidos, las cuales deben evaluarlas completamente en y los estudios de factibilidad.

### **Reducción de los Desperdicios**

13. Se emplean importantes cantidades de agua en la industria de fertilizantes, para los procesos, enfriamiento, y operación de los equipos de mitigación de la contaminación. Los desechos líquidos se originan en los procesos, torres de enfriamiento y purgación de las calderas, causando derrames, fugas y escurrimiento. Sin embargo, existe la oportunidad de reutilizar estas aguas dentro de las plantas, y reducir las demandas de la planta sobre las existencias locales. Por ejemplo, el agua servida que proviene de la producción de ácido fosfórico puede ser utilizada, nuevamente, como agua de proceso en la misma planta. Otras aguas servidas puede ser empleadas en los condensadores, lavadores de gases y sistemas de enfriamiento.

14. El yeso de las plantas de fertilizantes de fosfato, puede ser utilizado en la fabricación de cemento y producción de bloques para la construcción, y planchas de yeso. Además, se

utiliza el yeso para cubrir los rellenos sanitarios. Si está contaminado con metales tóxicos o material radioactivo, requerirá un tratamiento especial.

15. Las empresas de agua potables de los Estados Unidos emplean ácido hidrofluosilícico ampliamente, para fluorización porque, como desecho de la producción de fertilizantes de fosfato, es mucho menos costoso que fluoruro de sodio. Se transporta el ácido grandes distancias en los Estados Unidos, pero, en general, su exportación no es económicamente atractiva. Sin embargo, pueden presentarse circunstancias en las que pueda ser reutilizado por un país en desarrollo, especialmente después de convertirlo en una sal de sodio. Además, el ácido puede ser utilizado para producir fluoruro de aluminio.

### **Amoníaco**

16. La producción, uso y almacenamiento de amoníaco requiere un diseño acertado, buen mantenimiento y monitoreo, para reducir al mínimo el riesgo de fugas o explosiones accidentales. Es esencial tener un plan de contingencia para proteger al personal de la planta y las comunidades aledañas.

## **Alternativas del Proyecto**

### **Selección del Sitio**

17. Los temas generales que han de ser considerados durante la selección del sitio para una planta industrial se presentan en el sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales". La naturaleza de la producción de fertilizantes es tal que los impactos sobre la calidad del agua, y los de la extracción de las materias primas y transporte de los materiales al granel a la planta y fuera de ésta, merecen especial atención durante la evaluación de los sitios alternativos. Si la calidad de las aguas de recepción es inferior, o el caudal es insuficiente, son inadecuadas, aún para recibir los efluentes bien tratados. Si la demanda de materia prima para una planta de fosfato requiere la apertura de canteras adicionales, éstas deben ser identificadas (si son conocidas), y sus impactos ambientales deben ser considerados como parte del proyecto.

### **Proceso de Fabricación**

18. Aunque existe una variedad de alternativas para la planificación y ejecución de los proyectos, generalmente, las materias primas que están disponibles y la demanda para los productos terminados específicos, limitan el tipo de proceso de fabricación de fertilizantes que se puede utilizar. Al tratarse de un proceso de ácido fosfórico, la calidad del subproducto de yeso puede ser un parámetro: el proceso hemihidrato puede producir yeso que sirva, directamente, como aditivo para la fabricación de cemento.

19. Las plantas de coquificación de hierro y acero son una fuente de materia prima alternativa, pero limitada, para la producción de fertilizantes de sulfato de amonio (producido de amoníaco y ácido sulfúrico); el sulfato de amonio es un subproducto de la producción de coque, y también de la producción de caprolactam (nylon). El gas natural, el petróleo, la nafta y el carbón son materias primas alternativas para la producción de amoníaco. El azufre y las piritas son opciones para la producción de ácido sulfúrico.

20. El gas natural, el petróleo y el carbón son diferentes combustibles que pueden servir para generar vapor en las plantas de fertilizantes.

### **Control de la Contaminación Atmosférica**

21. Se deben considerar las siguientes medidas para controlar las emisiones atmosféricas que emanan de las operaciones de las plantas: diseño del proceso y selección de los equipos, precipitadores electrostáticos, lavadores de los gases de escape, filtros y ciclones.

## **Control de la Calidad del Agua**

22. Se puede controlar la contaminación del agua causada por la descarga de efluentes o el escurrimiento proveniente de las pilas de desechos, si el monitoreo es adecuado. El diseño del proyecto debe contemplar las siguientes opciones, con respecto al tratamiento de las aguas servidas y de enjuague:

- reutilización de las aguas servidas;
- intercambio iónico o filtración de membrana (plantas de ácido fosfórico);
- neutralización de las aguas servidas ácidas o alcalinas;
- sedimentación, floculación y filtración de los sólidos suspendidos;
- uso de las aguas servidas para riego;
- tratamiento biológico (nitrificación/desnitrificación).

## **Administración y Capacitación**

23. Los impactos potenciales de los procesos de fabricación de fertilizantes sobre el aire, el agua y el suelo, implican la necesidad de tener un apoyo institucional, para asegurar que sea eficiente, la supervisión del manejo de los materiales, y para controlar la contaminación y reducir los desperdicios. Se debe capacitar al personal de la planta en las técnicas empleadas para controlar la contaminación del aire y el agua. A menudo, los fabricantes de los equipos, proveerán la capacitación necesaria en cuanto a su operación y mantenimiento. Se deben establecer procedimientos normales de operación de la planta, para que sean implementados por la gerencia. Estos deben incluir la operación de los equipos que controlan la contaminación, requerimientos en cuanto al monitoreo de la calidad del aire y el agua, instrucciones a los operadores a fin de prevenir las emisiones malolientes, y directrices con respecto a la notificación de las autoridades competentes en el caso de una descarga casual de contaminantes. Se debe mejorar el manejo de las sustancias tóxicas y peligrosas mediante el uso de detectores, alarmas, etc., y capacitación especial para el personal operativo.

24. Son necesarios los procedimientos de emergencia a fin de implementar acción rápida y efectiva en el caso de que ocurran accidentes, (p.ej., derrames, incendios y/o explosiones mayores), que representen graves riesgos para el medio ambiente o la comunidad circundante. Frecuentemente, los funcionarios y agencias del gobierno local, así como los servicios comunitarios (médicos, bomberos, etc.), juegan un papel clave en este tipo de emergencia; por eso, deben ser incluidos en el proceso de planificación. Los ejercicios periódicos son componentes importantes de los planes de respuesta. (Ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales", para mayores detalles.)

25. Se deben establecer e implementar normas de salud y seguridad en la planta, incluyendo las siguientes:

- Provisiones para prevenir y responder a fugas casuales de amoníaco o derrames fortuitos de ácido sulfúrico, fosfórico o nítrico;
- Procedimientos para reducir al mínimo el peligro de explosión del nitrato de calcio y amonio;
- Procedimientos para asegurar que la exposición a los vapores de amoníaco y óxido de nitrógeno (plantas de fertilizantes nitrogenados), a los vapores de di y trióxido de azufre, y a la neblina de ácido sulfúrico, sea inferior a las normas fijadas por el Banco Mundial;
- Un programa de exámenes médicos rutinarios;
- Capacitación permanente sobre la salud y seguridad en la planta, y buenas prácticas de limpieza ambiental;

(Para mayores detalles, ver Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial, y las siguientes secciones de este capítulo: "Manejo de Peligros Industriales", "Manejo de Materiales Peligrosos", y "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales.")

26. Se deben fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen; caso contrario, deben establecerse de acuerdo a los lineamientos del Banco Mundial. Las agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de monitorear la calidad del aire y el agua, operar los equipos de control de la contaminación, implementar las normas, y vigilar las actividades de eliminación de desperdicios, pueden requerir capacitación especializada y deben tener la autoridad y equipos necesarios. La evaluación ambiental debe incluir la valorización de la capacidad local en este respecto, y recomendar la incorporación, en el proyecto, de los elementos apropiados de asistencia.

### **Monitoreo**

27. Los planes específicos de monitoreo de las plantas de fertilizantes y los sitios dependen del caso y deben incluir:

- la opacidad del gas de la chimenea en forma continua;
- pruebas periódicas (plantas de fosfato, solamente) para detectar las emisiones de partículas, compuestos de fluro, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre;
- control de los óxidos de azufre en las plantas de ácido sulfúrico y de los óxidos de nitrógeno de las de ácido nítrico;
- pruebas periódicas (plantas de nitrógeno, solamente) para verificar las emisiones de partículas, amoníaco y óxidos de nitrógeno;
- parámetros del proceso (continuo) que verifiquen la operación de los equipos que controlan la contaminación atmosférica (p.ej., los registros de la temperatura del gas de la chimenea indicarán si los lavadores están fuera de servicio);
- la calidad del aire del lugar de trabajo para detectar los siguientes contaminantes, según el tipo de planta y proceso: óxidos de nitrógeno, amoníaco, dióxido de azufre, compuestos de fluro y partículas;
- la calidad del aire ambiental alrededor de las plantas para verificar la presencia de los contaminantes correspondientes;
- la calidad de las aguas de recepción, aguas abajo, para controlar la presencia de oxígeno disuelto y los contaminantes correspondientes;
- el control del pH (continuo) de las corrientes de desechos líquidos, así como los sólidos totales suspendidos o disueltos, amoníaco, nitratos, nitrógeno orgánico, fósforo, Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB5), aceite y grasa (si se utiliza aceite combustible);
- las descargas de agua lluvia para detectar la presencia de fósforo, compuestos de fluro, sólidos totales suspendidos y el pH;
- yeso para controlar el contenido de cadmio y otros metales pesados y radioactividad;
- las áreas de trabajo de todas las plantas, a fin de control los niveles de ruido;
- el pH de las aguas de recepción, así como los sólidos totales suspendidos, y la calidad del aire ambiental para controlar la presencia de partículas;
- las pilas de acopio de yeso y las piscinas, para controlar el escurrimiento e infiltración;
- inspecciones para asegurar que se cumplan los procedimientos de seguridad y de control de la contaminación, así como los programas adecuados de mantenimiento.

**Tabla 10.12 Fertilizantes**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta cerca de los habitats frágiles: manglares, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.</li> <li>• Integrar la participación de las agencias de recursos naturales en el proceso de selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.</li> </ul>
2. Ubicación cerca de los ríos causando su eventual degradación.	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de selección del sitio debe examinar las alternativas que reducen los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua.</li> <li>• Las plantas que producen descargas líquidas no deben ubicarse sino en los ríos que tengan la capacidad adecuada para absorber los desechos.</li> </ul>
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	3. Ubicar la planta en una área alta que no esté sujeta a inversiones y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
4. La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• La selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• el lote debe tener un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio.</li> <li>• la planta debe estar cerca de un depósito sitio de desechos;</li> <li>• debe tener la ubicación conveniente con la finalidad que los contratistas públicas/privadas puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</li> <li>• la disponibilidad de opciones para la eliminación o reutilización del yeso.</li> </ul> </li> </ul>

Tabla 10.12 Fertilizantes (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	
<p>5. • Contaminación hídrica debido a los efluentes, agua de enfriamiento y escurrimiento de las pilas de desechos.</p> <p>• Plantas de fosfato: fosfato, fluoruro, Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB5), Sólidos Totales Disueltos, pH.</p> <p>• Plantas de nitrógeno: amoníaco, urea, nitrato de amonio, Demanda de Oxígeno Químico, pH.</p> <p>• Escurrimiento de las pilas de acopio de materiales: Sólidos Totales Suspendidos, pH, metales.</p>	<p>5. • El análisis de laboratorio de los efluentes debe tomar en cuenta el fluoruro, Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB5), Sólidos Totales Suspendidos, pH, y monitorear la temperatura in-situ.</p>
	<p><u>Todas las plantas</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe haber ninguna descarga de agua de enfriamiento. Si no es factible reciclarla, se la puede descargar, siempre que la temperatura de la extensión de agua que la recibe no suba más de 3°C.</li> <li>• Mantener el pH del efluente entre 6.0 y 9.0.</li> <li>• Controlar el efluente, para que cumpla con las limitaciones de la Agencia de Protección Ambiental (40 CFR 418), según el proceso específico.</li> </ul>
	<p><u>Áreas para las Pilas de Acopio de los Materiales, y Eliminación de los Desechos Sólidos</u></p>
<p>6. Emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la planta.</p>	<p>6. • Controlar las partículas con lavadores, filtros recolectores de tela, o precipitadores electrostáticos.</p>
<p>7. Las emisiones gaseosas de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, amoníaco, neblina de ácido y compuestos de fluoro, a la atmósfera.</p>	<p>7. Controlar mediante el lavado con agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las materias primas durante la etapa de factibilidad del proyecto.</li> </ul>

**Tabla 10.12 Fertilizantes (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
8. Liberación casual de solventes y materiales ácidos y alcalinos, que son potencialmente peligrosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un diseño adecuado para las plantas de ácido sulfúrico o nítrico, incluyendo los equipos de mitigación del NOx.</li> </ul>
9. El escurrimiento superficial proveniente de los componentes, materias primas, y desechos sólidos que, a menudo, se guardan en pilas en el patio de la planta, puede contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.	<p>8. • Mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos en buen estado, de modo que se prevengan las fugas casuales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar equipos para mitigar los derrames.</li> <li>• Utilizar diques alrededor de los tanques.</li> </ul> <p>9. • Planificar el almacenamiento adecuado durante la fase de diseño.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir y/o forrar las áreas de almacenamiento (especialmente las pilas de yeso) para evitar la filtración y escurrimiento de efluentes hacia las aguas freáticas y superficiales.</li> <li>• Las áreas represadas deben tener un tamaño suficiente que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.</li> </ul>
10. Los efectos para la salud de los trabajadores, debido al polvo fugitivo, manejo de materiales, ruido, u otras operaciones del proceso; la frecuencia de los accidentes es mayor que lo normal, debido al bajo nivel de experiencia de los trabajadores.	<p>10. • La planta debe implementar un Programa de Seguridad y Salud diseñado para cumplir lo siguiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los peligros para la salud y seguridad, con un nivel específico de detalle;</li> <li>• tomar en cuenta los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores.</li> <li>• sugerir procedimientos para la protección de los empleados;</li> <li>• dar capacitación de seguridad.</li> </ul>

Tabla 10.12 Fertilizantes (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
11. Se complica el problema de la eliminación de los desechos sólidos en la región, debido a la falta de almacenamiento en el sitio, o de instalaciones para su eliminación definitiva.	11. • Planificar áreas adecuadas para la eliminación en el sitio, luego de verificar si el lixiviador tiene propiedades peligrosas.
12. Se alteran los modelos de tránsito, creando ruido y congestión, y ocasionando serios peligros para los peatones, debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima hacia la planta o fuera de ella.	12. • La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas. • Se deben hacer un análisis del transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos. • Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes.
13. Creciente contaminación del agua freática debido al uso de los fertilizantes de nitrógeno.	13. Se deben dar instrucciones para su uso a fin de reducir al mínimo el potencial de contaminación de nitratos.
14. Eutroficación de los sistemas hídricos naturales.	14. Se deben dar instrucciones para su uso a fin de reducir al mínimo el potencial de contaminación de nitratos y fosfatos.

## **PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS**

1. Los proyectos de procesamiento de alimentos incluyen la preparación y empaqueo de carnes y productos relacionados, pescado y moluscos, productos lácteos, frutas y vegetales, y granos. El procesamiento de los alimentos puede significar el refinamiento, preservación, mejoramiento de los productos, almacenamiento, manejo, empaqueo, o envasado.
2. Las materias primas básicas de la industria se producen naturalmente, o se cultivan. El procesamiento puede incluir la recepción y almacenamiento de materiales parcialmente procesados, preparación de los mismos para obtener productos terminados, y empaqueo y almacenamiento de los productos finales. El objetivo del procesamiento de los alimentos, es extender la vida útil de las mercancías crudas mediante el uso de varios métodos de preservación.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

3. La industria de procesamiento de alimentos proporciona productos alimenticios aptos para el consumo humano inmediato o futuro y subproductos para la industria ganadera. La actividad genera grandes cantidades de aguas servidas y desperdicios sólidos y puede ser una fuente de contaminación atmosférica. Las aguas servidas provienen principalmente de las fugas, derrames y el lavado de los equipos. Además, se generan grandes volúmenes de efluentes durante las operaciones de lavado, cuyo propósito es eliminar la tierra, pesticidas y cáscaras de las frutas y vegetales.
4. Se emplea, ampliamente, el tamizado para remover los sólidos que tienen un valor comercial; normalmente, su procesamiento sirve de alimentos para animales. Si bien las emisiones atmosféricas no son un problema, los olores pueden ser importantes. (Ver la Tabla 10.13 al final de esta sección para mayores detalles.)

### **Productos Lácteos**

5. La industria láctea fabrica 20 tipos de productos, entre estos tenemos: leche pasteurizada, helados, mantequilla, leche condensada, leche en polvo, suero, y cultivos. Las plantas lecheras pueden emplear una combinación de operaciones para producir varios productos, pero algunas fábricas sólo producen uno o dos. Los procesos típicos de fabricación de la industria láctea son los siguientes:

- recepción y almacenamiento de las materias primas, que incluye las áreas de recepción, equipos de transferencia, y grandes tanques refrigerados para almacenamiento;
- clarificación para eliminar los sólidos suspendidos, y separación para remover la crema -- estos procesos se efectúan usualmente con grandes centrifugas de un diseño especial;
- batido, homogeneización, cultivo, condensación y secado para producir mantequilla, helados, queso, leche de manteca, etc;
- empaqueo y almacenamiento para envío posterior.

6. Las fuentes principales de desechos y aguas servidas de la industria láctea son las aguas de lavado y enjuague de limpieza, subproductos no recuperados, o dañados o averiados, y el líquido arrastrado de los evaporadores.

7. Si las operaciones son normales y se practica buena limpieza, la recepción y almacenamiento de las materias primas no constituyen fuentes importantes de

desperdicios. Los desechos sólidos son menores y pueden ser eliminados en un relleno sanitario.

8. Las características significativas de las corrientes de desechos de toda planta láctea son: las variaciones marcadas del caudal, Demanda de Oxígeno Bioquímico, temperatura, y pH. En una planta de leche líquida, aproximadamente el 94 por ciento de la Demanda de Oxígeno Bioquímico proviene de la leche, derivados y otros productos comestibles. De todos los desechos, la eliminación del suero constituye el problema más difícil. Los métodos más comunes que se emplean para eliminarlo son: alimentos para el ganado, riego por rocío, descarga a los sistemas municipales, concentración y secado.

9. Los principales riesgos para la seguridad en la industria láctea son el resultado de roturas de botellas, vidrio volante, y caídas en los pisos resbalosos. Como riesgos comunes para la salud tenemos las enfermedades de los animales, como brucelosis, tuberculosis bovina, antrax, etc. Además, los empleados pueden contraer el 'comezón del queso.'

### **Procesamiento de Frutas y Vegetales**

10. El envasado y preservación extiende la vida útil de los productos crudos. En los métodos de preservación también se halla el envasado, congelación, deshidratación, y tratamiento con salmuera. Generalmente, la conservación de las frutas y vegetales incluye la limpieza, clasificación, peladura, clasificación por tamaño, estabilización y procesamiento.

11. Antes de su procesamiento, se deben lavar y enjuagar las frutas y vegetales con grandes cantidades de agua, y, ocasionalmente, con detergentes. Se deben clasificar y graduar los productos lavados empleando medios mecánicos, ópticos, manuales e hidráulicos. Los productos maduros se separan utilizando una solución de salmuera de densidad controlada. Luego de su clasificación, los productos se despallillan, se recortan y se cercenan, mecánicamente.

12. Muchas frutas y vegetales se deben pelar para eliminar la tierra, pesticidas y las cáscaras gruesas, vellosas o duras. Este proceso se realiza mecánica, térmica o químicamente. Se deshuesan, se les quita el corazón, y se cortan en tajadas o cubitos, mecánicamente, sin utilizar agua. Algunas frutas se exprimen para producir jugos. Los vegetales, en cambio, se blanquean y se envasan. Finalmente, dependiendo del tipo de operación, algunos productos se secan o se deshidratan, otros se cocinan y otros se deshidratan por congelación.

13. Las plantas de procesamiento de frutas y vegetales son importantes usuarios de agua y generadores de desechos. Las operaciones de lavado, enjuagado, clasificación, transporte dentro de la planta, peladura, blanqueado, envasado, combinación, cocinado y limpieza producen grandes cantidades de aguas servidas y desechos sólidos. Las emisiones gaseosas son menores, pero los olores pueden ser importantes en algunos casos.

14. Los parámetros significativos de las aguas servidas son la Demanda de Oxígeno Bioquímico, Sólidos Totales Suspendidos y pH. Los colibacilos fecales pueden ser causa de preocupación, pero se pueden prevenir, si se practica buena limpieza y se mantienen condiciones sanitarias en todo momento. Debido a la gran variación de caudal y concentración (Demanda de Oxígeno Bioquímico) de las aguas servidas, se deberán diseñar las instalaciones de tratamiento a fin de que se puedan manejar volúmenes grandes e intermitentes. Los desechos cítricos contienen pectina, y ésta interfiere con el asentamiento de los sólidos suspendidos.

15. En las envasadoras de frutas y vegetales, los accidentes mayores son causados por el levantamiento de pesas, quemaduras de vapor, ácidos y álcalis, y heridas a causa de vidrios rotos y latas cortantes. Los problemas principales de salud son: dermatitis e infecciones de la

piel, a causa de químicos y manejo de las frutas y vegetales. En algunas fábricas, el exceso de ruido, temperatura y humedad también causa problemas en la salud.

### **Procesamiento de Carne**

16. Las plantas de procesamiento de carne, compran los cadáveres de animales, piezas de carne y otros materiales. Además, fabrican salchichas, carnes cocinadas, curadas, ahumadas, envasadas, y tajadas de carne congelada y fresca, tripas naturales para salchichas, y otras especialidades. El procesamiento puede realizarse separada o conjuntamente con los mataderos.

17. El procesador de carnes recibe los cadáveres congelados que luego se descongelan en agua o en seco, o se pican. A diferencia del proceso seco, al hacer la descongelación en agua, se producen grandes volúmenes de efluentes. El picado emplea máquinas que reducen el tamaño de los pedazos de carne congelada. Un planta típica puede emplear una o más de las siguientes operaciones:

- corte de carne para preparar productos estandarizados para hoteles, restaurantes, instituciones, agencias de comida rápida, etc.;
- procesamiento de jamón, curándolo en soluciones de encurtido, para luego cocinar, ahumar, enfriar, cortarlo en tajadas y envasarlo;
- la fabricación de salchichas y fiambres, requiere una reducción substancial de tamaño, mezcla, moldeo y formación intensivo del producto final;
- productos de jamones envasados, para untar en sandwiches, y alimentos para animales domésticos.

18. El procesamiento de carne es una operación que se realiza durante todo el año, pero el trabajo diario es intermitente. Normalmente, las plantas son paralizadas para realizar una limpieza completa. La industria produce grandes volúmenes de efluentes con diferentes concentraciones de sólidos suspendidos. Los desechos sólidos, que provienen principalmente del tamizado y la limpieza, se recuperan, normalmente, y se envían a la planta de extracción de grasa. Si bien las emisiones gaseosas no son mayores, los olores presentan un problema. Se originan del proceso de cocción de los materiales, residuos de animales y de la descomposición de materia orgánica.

19. Los parámetros más importantes para la industria de procesamiento de carne son: Demanda de Oxígeno Bioquímico, Sólidos Totales Suspendidos, aceites y grasa, pH y colibacilos fecales. Dependiendo del tipo de operación, el fósforo y el amoníaco pueden ser también un problema. De los procesos presentados anteriormente, el envasado de carne y el procesamiento de jamón, son los mayores contribuidores en la formación de corrientes de aguas servidas, Demanda de Oxígeno Bioquímico, Sólidos Totales Suspendidos, aceite y grasa. La que contribuye menos es la operación de cortar la carne.

20. Los desechos descargados por la industria de carne puede ser reducidos a niveles deseados mediante el manejo efectivo del agua, control de los desperdicios dentro de la planta, modificación del proceso y sistemas de tratamiento de las aguas servidas.

21. Los riesgos para la seguridad en la industria de procesamiento de carne son: pisos resbalosos, quemaduras, y heridas y abrasiones producidas por las latas cortantes, vidrio roto y máquinas de corte. El problema principal para la salud es la dermatitis causada por los químicos, y las infecciones de la piel. Además, son peligros potenciales para la salud las enfermedades de los animales, como antrax, actinomicosis, erisipela y tuberculosis. Otros riesgos para la salud son el exceso de ruido, temperatura y humedad.

## **Procesamiento de Pescado y Moluscos**

22. La industria de pescado y mariscos envasados y preservados ha progresado gradualmente en la utilización de las técnicas de secado y curado, preservación, envasado, congelación y extracción de los productos pesqueros. El tiempo que dura el procesamiento del pescado varía mucho, dependiendo de la temporada de cosecha y la cantidad de material que procesa la industria.

23. Dentro de los procesos que emplea esta industria se incluye: pesca, almacenamiento, recepción, destripamiento, precocinado, limpieza, preservación y empaquetado. Una vez realizada la pesca, se descarga del buque el producto, es pesado y transportado al área de preparación, sea para su procesamiento inmediato o para almacenamiento en frío. En algunas operaciones, el preprocesamiento para descabezar el camarón, destripar el pescado o los moluscos, se realiza en el mar. Los desechos se recogen en seco o se tamizan de las aguas servidas para ser procesados como subproductos.

24. Dependiendo del uso final del producto, el pescado o marisco fresco puede ser empaquetado para consumo inmediato, o cocinado, para luego picarlo, limpiarlo, eliminando la piel, los huesos, el carapacho, las agallas, etc. El picado puede ser seguido por congelación, envasado, pasteurización y refrigeración.

25. Hay mucha variación, entre una planta de procesamiento, y otra, con respecto al volumen de agua que se utiliza y la cantidad de desechos que se generan. En general, los desperdicios de esta industria contienen Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico, Sólidos Totales Suspendidos, aceite y grasa, y pueden tener un pH alto o bajo. Normalmente, estos efluentes no contienen ningún material peligroso o tóxico. Ocasionalmente, se pueden producir aguas servidas con una alta concentración de cloruro de sodio.

26. En condiciones normales, las emisiones gaseosas no constituyen ningún problema. Si no se recuperan, los desechos sólidos pueden causar problemas de tratamiento y eliminación. Afortunadamente, las plantas más nuevas recuperan la mayoría de los desperdicios sólidos mediante tamizado, o recolección en seco. Estos desechos se procesan para producir harina de pescado, proteínas solubles concentradas, aceites, fertilizantes líquidos, pelotillas de alimento para peces, alimentos para animales, novedades de madreperla, etc.

27. En la industria envasadora de pescado, los accidentes mayores ocurren como resultado del levantamiento, o manejo de materiales y la caída de los mismos. Como causas secundarias tenemos las caídas en los pisos resbalosos y quemaduras y heridas por la maquinaria y objetos cortantes. Los problemas principales en la salud se originan de las verrugas, causadas por los virus y el légamo del pescado, y las infecciones de la piel y dermatitis a causa de los químicos.

## **Temas de los Recursos Naturales**

### **Agua**

28. Se emplean importantes cantidades de agua en la industria de procesamiento de alimentos. El agua es utilizada, principalmente, para lavar, enjuagar y transportar los productos dentro de la planta, y para su limpieza.

29. En la industria de las frutas y vegetales, por ejemplo, es muy común utilizar, agua para transportar la materia prima dentro de la planta, y se considera que este uso es muy económico y sanitario. Sin embargo, la lixiviación de los elementos solubles de los productos (p.ej., azúcares y ácidos de las frutas cortadas y azúcares y almidón de los vegetales cortados) ha impulsado el desarrollo de medios alternativos de transporte líquido, tales como los sistemas de líquidos osmóticamente equivalentes. Sin embargo, es necesario realizar un lavado eficiente después de la cosecha, debido al uso de pesticidas y la presencia de otros

contaminantes, porque las técnicas mecánicas de cosecha, dejan residuos de tierra y suciedad en las frutas y vegetales.

30. Asimismo, el procesamiento de la leche, carne, pescado y moluscos requiere de grandes volúmenes de agua dulce para el proceso y para limpiar los equipos y las áreas de trabajo. Además, el agua sirve como solvente para los productos, y como medio para cocinar y limpiarlos. Por eso, es necesario seleccionar el sitio para las instalaciones de procesamiento de alimentos de tal modo que esté disponible suficiente agua de muy buena calidad.

31. Las características de las aguas servidas de la industria de procesamiento de alimentos varían según el tipo y tamaño de la operación. Típicamente, los efluentes tienen alta Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico, aceite y grasa, colibacilos, y sólidos suspendidos y disueltos. En las aguas servidas pueden haber otros contaminantes, como residuos de pesticidas, aceites complejas, compuestos alcalinos o ácidos, y otros materiales orgánicos. Environmental Guidelines y Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial establecen normas para los efluentes y la seguridad de los trabajadores de las industrias de procesamiento de alimentos.

32. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE.UU. también ha establecido lineamientos para las aguas servidas, en varios sectores de la industria de procesamiento de alimentos. Los compuestos que se reglamentan bajo estas normas que controlan las diferentes operaciones de procesamiento de alimentos son: pH, Sólidos Totales Suspendidos, y Demanda de Oxígeno Bioquímico. Asimismo, se han establecido normas para el aceite y grasa, colibacilo fecal, y amoníaco, para las industrias de procesamiento de leche, carne y mariscos. Los reglamentos nacionales varían según el país y el tipo de industria, y pueden ser muy subjetivos.

33. Los recursos hídricos del área circundante pueden sufrir deterioro debido a los derrames casuales de efluentes no tratados, y químicos de procesamiento, o a raíz del control inadecuado del escurrimiento superficial y otras fuentes no puntuales. Si se utilizan químicos, se deben diseñar procedimientos para su manejo y almacenamiento, y medidas para el control de los derrames, a fin de reducir al mínimo el potencial de un derrame accidental al medio ambiente.

### **Aire**

34. Las emisiones atmosféricas de las instalaciones de procesamiento de alimentos son mínimos, pero pueden incluir partículas, óxidos de azufre, de nitrógeno, hidrocarburos u otros compuestos orgánicos. El problema principal que se asocia con las industrias de procesamiento de alimentos se relaciona con los olores nocivos o molestos. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. ha desarrollado normas de calidad de aire para partículas, óxidos de azufre y algunos compuestos orgánicos. Al no haber reglamentos locales, estas normas pueden ser apropiadas para las plantas de procesamiento de alimentos en otras partes del mundo.

### **Tierra**

35. La ubicación de las plantas de procesamiento y fabricación de alimentos puede perjudicar los recursos terrestres, debido a la utilización de terrenos que son importantes para la ecología, agricultura o economía. Asimismo, la eliminación de desechos sólidos en el terreno puede deteriorar los recursos terrestres. Es esencial adquirir suficiente tierra, a fin de permitir la colocación lógica y libre de las instalaciones de procesamiento y almacenamiento.

36. Si hay reglamentos locales, estos deben ser observados. Asimismo, hay que estudiar las medidas adecuadas que ayuden a reducir al mínimo la contaminación que la eliminación de los desechos puede causar, y luego incorporarlas al plan de desarrollo (La

sección: "Recolección de Desechos Sólidos y Sistemas de Eliminación" proporciona mayor información sobre este tema).

### **Temas Socioculturales**

37. Si se diseñan y se operan correctamente, las plantas de procesamiento y fabricación de alimentos proporcionan oportunidades de empleo para la gente y un mercado para los cultivos del área local, y su efecto sobre el medio ambiente es mínimo. Sin embargo, si su diseño y operación son inadecuados, puede crear impactos negativos en los recursos culturales locales, molestias y problemas de salud debido a las emisiones nocivas y malolientes, disminución del valor de los terrenos, y degradación de los recursos atmosféricos, terrestres e hídricos. Los daños o degradación pueden limitar el potencial para desarrollo adicional. Durante el análisis del proyecto (estudio de factibilidad), se debe estudiar el sitio propuesto, a fin de evaluar estos factores, además del acceso a los servicios sociales, disponibilidad de una fuerza laboral capacitada, e industrias de apoyo y servicio. Es necesario examinar el ruido y olores que emite la planta de procesamiento, porque pueden afectar a las comunidades locales y la salud de los empleados, en general.

### **Temas Especiales**

#### **Leyes Ambientales y Uso de la Tierra**

38. Es sumamente complejo el proceso de selección del sitio y demanda mucho tiempo; participan constructores, grupos con intereses especiales, políticos, y funcionarios locales y nacionales. El tiempo y costo requerido para obtener la aprobación de una planta de procesamiento de alimentos deben ser tomados en cuenta en el programa y costo global del proyecto. Los países en desarrollo están adquiriendo experiencia con este proceso y muchos disponen de reglamentos ambientales y sobre el uso de la tierra; por eso, es importante planificar en forma integral la ubicación y operación de la instalación.

#### **Uso de Desechos Sólidos y Residuos**

39. Gran parte de los desechos sólidos que provienen de las plantas de procesamiento de alimentos consisten en subproductos de la carne, frutas, vegetales y pescado. Los desechos de la carne y del pescado no deben ser depositados en los rellenos porque pueden convertirse en habitats para los vectores de las enfermedades (ratas, insectos, etc.). Estos materiales son recursos valiosos que deben ser recuperados. Los subproductos de la carne deben ser recolectados y entregados a una planta de extracción, donde serán procesados para producir manteca, sebo, aceites, proteínas y harina de hueso para fertilizantes y otros productos. En el caso del procesamiento de las frutas, la cáscara, el corazón, y la fruta de inferior calidad, pueden ser empleados para hacer jugo o vinagre. Se puede reprocesar las cáscaras de las frutas cítricas para recuperar el aceite cítrico. Las cáscaras de las papas puede ser reprocesadas para extraer el almidón crudo. Otros desechos pueden ser utilizados como alimento para el ganado, o compost, o ser arrojados en un relleno.

40. A menudo, los desechos sólidos producidas por las plantas pequeñas de procesamiento de mariscos, se arrojan a los ríos que pasan por la planta. Las operaciones más grandes deben evitar esta práctica, al igual que las plantas que no se encuentren junto a una gran extensión de agua, o si la corriente de la misma es insuficiente para llevar los desechos hasta el mar, porque los sólidos se asentarán y se descompondrán aneróticamente, causando malos olores. Los desechos sólidos de las operaciones de pesca pueden ser recuperados y procesados para producir harina de pescado, proteína soluble concentrado, aceites, fertilizantes líquidos, pelletillas para alimentar peces, novedades de concha y madreperla.

## **Especificaciones del Proceso**

41. Las plantas de procesamiento deben desarrollar especificaciones, que reduzcan al mínimo el potencial de la inadecuada preparación de alimentos que podría causar enfermedades relacionadas con los mismos (p.ej., botulismo). Estas especificaciones deben reunir los siguientes aspectos:

- deben haber mejores controles y medidas administrativos para disminuir las pérdidas de producto, mantener los equipos y desarrollar usos alternativos para los desperdicios;
- la mejor ingeniería y los equipos de procesamiento deben ser más eficaces para aumentar la eficiencia de la producción y reducir el volumen de desechos;
- mejorar las condiciones sanitarias a fin de eliminar el potencial de la contaminación bacteriana, empleando el tiempo de cocción correcto, y los equipos y procedimientos de limpieza adecuados.

## **Alternativas del Proyecto**

42. Aunque existen varias alternativas para el diseño y ejecución de los proyectos, las plantas de procesamiento y fabricación de alimentos, son limitadas por las tecnologías, materias primas y mercados de productos terminados que estén disponibles. Las alternativas que se enumeran a continuación constituyen un marco que podría ser utilizado durante la preparación y análisis de la evaluación ambiental, valorización de proyectos específicos, o como una ayuda para el equipo encargado del diseño del proyecto.

## **Selección del Sitio**

43. La selección del sitio para una planta de procesamiento y fabricación de alimentos depende de algunos factores económicos, ecológicos y sociopolíticos. Sin considerar el producto que se procese o se fabrique, el sitio ambientalmente ideal, debe satisfacer los siguientes criterios:

- debe haber suficiente terreno para desarrollar, de una manera planificada e irrestringida, las instalaciones necesarias para almacenar y procesar la materia prima, fabricar los productos, y eliminar los desperdicios;
- reducir al mínimo el desplazamiento de personas y viviendas;
- debe ser mínimo, el conflicto entre los usos del terreno que son de un valor más alto, por ejemplo, la agricultura; esto se aplica, especialmente, si las tierras son marginales, y el terreno agrícola de primera calidad es costoso;
- debe estar cerca de aguas que pueden recibir los efluentes sin causar ningún impacto significativo en el medio ambiente biofísico y acuático;
- debe haber fácil acceso a los medios sociales y físicos, como mano de obra calificada, industrias de apoyo, red de transporte, fuente de energía, materias primas y mercados potenciales para los productos;
- debe ser adecuada, la distancia de las áreas de turismo o recreación, edificios de oficinas y complejos de vivienda, a fin de reducir el impacto de los olores, ruido y otros contaminantes;

- debe ser mínimo, el impacto de la construcción y operación de las instalaciones en especies raras, amenazadas o en peligro de extinción, sus habitats u otros ecosistemas frágiles.

### **Fuente de Materia Prima**

44. Es necesario asegurar que las materias primas empleadas en el procesamiento y fabricación de los alimentos se entreguen de una manera higiénica y eficiente, en lo que se refiere al medio ambiente, reduciendo al mínimo los impactos para los otros sectores, habitats y recursos. Los mariscos, por ejemplo, no deben ser pescados en las áreas donde su población esté oprimida, o la contaminación existente los haya afectado. Asimismo, los productos que pudieran estar contaminados con pesticidas u otros químicos, o productos que no hayan sido almacenados adecuadamente, no deben ser procesados para consumo humano.

### **Operación de la Instalación**

46. El procesamiento y fabricación de alimentos, siguen una variedad de procesos. El producto que es procesado y el tamaño de la operación determinan el tipo de maquinaria que se requiere, la calidad y cantidad de los efluentes o desperdicios que se producen, y, por tanto, la necesidad de dispositivos para controlar la contaminación. Los equipos que se utilicen para atenuar la contaminación no pueden ser especificados para todas las industrias posibles de procesamiento y fabricación de alimentos. En general, las medidas de control de la contaminación utilizan los siguientes procesos:

#### **(a) Contaminación del Agua**

- tratamiento activado de lodos
- lagunas aireadas
- tamizado
- sedimentación, floculación, neutralización, clarificación
- riego por rociado
- filtración por goteo
- lagunas de estabilización
- flotación de aire
- separación con amoníaco
- intercambio iónico
- adsorción con carbón
- electrólisis

#### **(b) Contaminación Atmosférica;**

- precipitadores electrostáticos y filtros
- filtración con carbón activo
- separación con hipoclorito de sodio (para controlar el olor)

### **Administración y Capacitación**

47. Al aumentar la sofisticación técnica del proceso se incrementa la necesidad de implementar la administración y capacitación adecuada. En los países en desarrollo, es cada vez más importante que se fortalezca la capacidad técnica del personal industrial, y que los funcionarios gubernamentales monitoreen los medios de mitigación de la contaminación. Usualmente, son muy pocos los asesores locales calificados, que pueden preparar evaluaciones ambientales detalladas, y, de este número, muchos son académicos que carecen de experiencia industrial o de proyectos.

48. Tanto los gobiernos, como las industrias, necesitan adquirir mucha experiencia para poder seleccionar los contratistas y asesores de evaluación ecológica, quienes proveerán servicios calificados y eficientes durante la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento del proyecto y las instalaciones respectivas. A veces, los asesores jubilados que han establecido su reputación en una o más de las áreas de evaluación, pueden servir a los gobiernos anfitriones, o a la industria, como expertos independientes, y ayudar a optimizar los componentes de capacitación ambiental y de conservación, para los proyectos de desarrollo.

49. A fin de mejorar la calidad de los proyectos, empleando objetivos de manejo ambiental, pueden ser necesario fortalecer varias áreas:

- capacitar al personal profesional público en evaluación ambiental, análisis e interpretación de datos sobre contaminación, para que puedan tomar acción coactiva, si es necesario;
- entrenar a los empleados industriales, para concientizarles y capacitarles, para que puedan evaluar los reglamentos gubernamentales, datos de contaminación, opciones de tratamiento y datos de operación;
- capacitar a los profesionales locales que no están vinculados al gobierno, ni a la industria, para que puedan proporcionar servicios de asesoría y/o análisis independiente, con respecto a las evaluaciones ambientales y mitigación de la contaminación.

50. Los términos de referencia de los proyectos deben dar flexibilidad a los asesores para que puedan diseñar el componente de capacitación según las aptitudes de los entrenandos nativos y el nivel de experiencia del país o región.

51. Debe haber apoyo institucional para una operación eficiente de estrategias de control de la contaminación y reducción de desperdicios. El personal de la planta debe ser entrenado de acuerdo a las tecnologías de control de la contaminación atmosférica y acuática, así como la operación de los equipos que se utilizan en la instalación. A menudo, los fabricantes y proveedores de los equipos de control de la contaminación darán asesoría en la operación y mantenimiento de los mismos. Se recomienda, también, implementar capacitación en el país, establecer los procedimientos de salud y seguridad en la planta y mantener buenas prácticas de limpieza ambiental.

52. Los empleados deben recibir capacitación en cuanto a las "normas de operación" que se refieren a salud y seguridad ocupacional, si no existen los reglamentos locales correspondientes. La capacitación de la salud debe enfatizar la necesidad de mantener las condiciones sanitarias y estériles durante el manejo y procesamiento de los productos alimenticios, a fin de reducir al mínimo la transmisión de enfermedades. Asimismo, el entrenamiento debe proporcionar información sobre los peligros relacionados con el uso de los químicos y la operación de los equipos de procesamiento.

53. Además de capacitar a los empleados, puede ser necesario también diseñar programas de entrenamiento para el personal de las agencias ambientales locales o nacionales. Estos programas deben cubrir los peligros potenciales para la salud y el medio ambiente, que están asociados con las industrias de procesamiento de alimentos, y las medidas que deben ser tomadas para reducirlos. El personal de las agencias reguladoras debe recibir capacitación en la recolección y evaluación de los datos de monitoreo ambientales, de la salud y de la seguridad.

## **Monitoreo**

### **Monitoreo de la Planta durante la Puesta en Marcha y Operación**

54. Generalmente, se debe monitorear el aire, los efluentes y los desechos sólidos, a fin de controlar la contaminación causada por los proyectos de procesamiento de alimentos. El diseño e implementación de un Plan de Monitoreo Ambiental proporciona los medios específicos necesarios para determinar si el proyecto o sus subcomponentes cumplen o no, con las normas y prácticas ambientales pertinentes.

55. Por lo menos, el plan de monitoreo debe especificar los medios institucionales y administrativos, y el programa de vigilancia y supervisión de los componentes ambientales, que requiere el proyecto. A más del programa de monitoreo, se puede emplear también, la información producida para obtener la ayuda de profesionales ambientales locales y extranjeros a las coyunturas críticas del proyecto. Una posibilidad sería la de realizar talleres para evaluar los datos del monitoreo ambiental, reorientar los objetivos del proyecto, y desarrollar lineamientos de manejo más prácticos.

56. A continuación se enumeran algunas actividades representativas que deben ser incluidas en el plan de monitoreo de las plantas de procesamiento de alimentos:

- monitoreo de las corrientes de desechos y emisiones gaseosas para controlar ciertos parámetros seleccionados;
- se debe tomar acción correctiva si un efluente en particular arroja valores consistentemente más altos que el límite nacional para emisiones o la norma para la industria;
- la acción correctiva puede incluir la modificación, o mejoramiento del proceso o los equipos, o cambios en los procedimientos de limpieza;
- monitoreo de la calidad de las aguas de recepción, o el aire a favor del viento;
- control de los efectos de la eliminación de los desechos sólidos, sobre los recursos terrestres, y el agua freática y superficial;
- incorporación de programas para concientizar a todos los empleados sobre el medio ambiente;
- revisión periódica de la tecnología, a fin de adoptar, donde sea posible, sistemas de atenuación de la contaminación, que sean los más eficientes y efectivos;
- motivar a los gerentes e ingenieros de fábrica, para que sean vigilantes en cuanto a sus efectos potenciales para el ambiente local;
- diseñar y mantener un sistema para responder a las quejas relacionadas con los olores, que ha de ser analizado con los funcionarios y las comunidades;
- implementar programas de salud y seguridad e inspecciones regulares del sitio, a fin de asegurar que la capacitación y los equipos de protección de los trabajadores estén siendo utilizados en el lugar de trabajo;
- hay que seguir las prácticas normales de la industria;
- la documentación y los registros deben reflejar la revisión periódica y acciones correctivas que se hayan tomado.

57. Un factor importante que apoya la mitigación de la contaminación en los proyectos de procesamiento de alimentos, es el fortalecimiento simultáneo de la capacidad de monitoreo e implementación legal y reglamentario, tanto dentro de la planta, como en las agencias reguladoras. Asimismo, es necesario que exista suficiente capacidad técnica para que sea posible cumplir con las normas en cuanto a los efluentes. Para poder implementar un programa de monitoreo exitoso, puede ser necesario introducir equipos de muestreo y procedimientos de laboratorio (o un laboratorio analítico) al país anfitrión, e incluir en el diseño del proyecto, el entrenamiento necesario.

## **INDUSTRIAS DE PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA**

La primera edición del Libro de Consulta para Evaluación Ambiental no analizará los proyectos de la industria de pequeña y mediana escala. Sin embargo, esta sección se expandirá en las revisiones futuras, a medida que se adquiera la información y experiencia. La mayoría de los temas ambientales que pertenecen a este sector se tratan en las secciones que se refieren a proyectos industriales. La próxima edición enfocará las dimensiones institucionales y estratégicos del manejo de los impactos ambientales causadas por las industrias de pequeña y mediana escala.

**Tabla 10.13 Procesamiento de Alimentos**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta cerca de los habitats frágiles: manglares, esteros, arrecifes de coral, o el uso de tierras agrícolas de alta calidad.	1. <ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicar la planta de tal manera que se reduzca al mínimo la carga sobre los servicios ambientales locales y se facilite el monitoreo de los efluentes.</li><li>• Integrar el proceso de la selección del sitio con las agencias de recursos naturales, a fin de revisar las alternativas.</li></ul>
2. Ubicación junto a un río, causando su eventual degradación.	2. <ul style="list-style-type: none"><li>• Se puede escoger el sitio estudiando las alternativas que reduzcan los efectos para el medio ambiente, sin excluir el uso beneficioso del agua, en base a los siguientes lineamientos:<ul style="list-style-type: none"><li>• el caudal del río debe ser suficiente para asegurar que su capacidad para diluir y absorber las aguas servidas, sea muy grande;</li><li>• puede ser una área en la que las aguas negras puedan ser reutilizadas en la agricultura o la industria, luego de un tratamiento mínimo;</li><li>• puede estar dentro de una municipalidad que pueda aceptar los desperdicios de la planta, en su sistema de tratamiento de aguas servidas.</li></ul></li></ul>
3. Ubicación puede causar graves problemas de malos olores en el área local.	3. Se debe ubicar la planta en una área que no esté sujeta a inversión atmosférica, y los vientos reinantes se dirijan fuera de las áreas pobladas.
4. Ubicación puede agravar los problemas de desechos sólidos en el área.	4. En el caso de las plantas que producen grandes volúmenes de desechos, se puede considerar las siguientes pautas al seleccionar el sitio: <ul style="list-style-type: none"><li>• el tamaño del lote debe ser adecuado para poder eliminar los desechos en el sitio mismo, o en un relleno;</li></ul>

Tabla 10.13 Procesamiento de Alimentos (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Selección del Sitio</b> (continuación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• puede estar cerca de un depósito apropiado;</li> <li>• el sitio puede ser accesible para que los contratistas públicos o privados puedan retirar los desperdicios sólidos y efectuar su eliminación definitiva;</li> </ul>
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	
<p>5. Contaminación del agua debido a la descarga de efluentes, agua de enfriamiento, o escurrimiento de las pilas de desechos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta: Aceite y grasa, Sólidos Totales Disueltos y Suspendidos, Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico.</li> </ul>	<p>5. Se puede realizar un análisis de laboratorio de los efluentes para controlar el nivel de aceite y grasa, sólidos totales disueltos y suspendidos, demanda de oxígeno bioquímico y químico, y observar la temperatura.</p> <p><u>Para todas las plantas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se debe descargar el agua de enfriamiento; al no ser factible reciclarla, puede ser descargada solamente si la temperatura del agua que la recibe no sube más de 3°C.</li> <li>• Se debe mantener el pH del efluente entre 6.0 y 9.0.</li> <li>• Se deben controlar las características del efluente, según el proceso específico, para que cumpla con el límite especificado por la Agencia de Protección Ambiental (40 CFR 405-409; 432).</li> <li>• Se puede verter los efluentes sobre la tierra si es apropiado.</li> </ul>
<p>6. Emisiones de partículas a la atmósfera, provenientes de todas las operaciones de la planta.</p>	<p>6. Se pueden controlar las partículas, utilizando colectores y filtros de tela o precipitadores electrostáticos.</p>
<p>7. Emanación de gases y olores a la atmósfera que se originan en las operaciones de procesamiento.</p>	<p>7. • Se las puede controlar mediante la acción natural de separación de los materiales alcalinos.</p>

Tabla 10.13 Procesamiento de Alimentos (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
8. Derrames casuales de solventes y materiales ácidos y alcalinos que son, potencialmente, peligrosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A través de un análisis de la materia prima durante la etapa de prefactibilidad del proyecto, se puede determinar los niveles de azufre para asegurar que sea adecuado el diseño de los equipos de control de las emisiones.</li> <li>8. • Se debe mantener en buen estado las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos para prevenir los derrames contingentes.</li> <li>• Hay que proveer los equipos necesarios para atenuar los derramamientos que ocurran.</li> </ul>
<b>Indirectos</b>	
9. • Los efectos para la salud de los trabajadores, a causa del manejo de los materiales, ruido, y otras operaciones del proceso.  • Los accidentes ocurren con una frecuencia mayor que lo normal, debido a la falta de conocimiento y habilidad.	9. • En la instalación, se debe desarrollar un Programa de Seguridad y Salud, para identificar, evaluar y controlar los peligros para la seguridad y la salud. Debe tener un nivel adecuado de detalle para tratar los peligros de salud y seguridad de los trabajadores y protegerlos, incluyendo cualquiera de los siguientes puntos, o todos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• caracterización y análisis del sitio;</li> <li>• control del lugar;</li> <li>• capacitación;</li> <li>• control médico;</li> <li>• controles de ingeniería, normas de trabajo y equipos de protección personal;</li> <li>• monitoreo;</li> <li>• programas de información;</li> <li>• manejo de la materia prima y los materiales procesados</li> <li>• procedimientos de descontaminación;</li> </ul>

Tabla 10.13 Procesamiento de Alimentos (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b> (continuación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• respuesta de emergencia;</li> <li>• iluminación;</li> <li>• saneamiento de las instalaciones permanentes y temporales</li> <li>• reuniones regulares de seguridad.</li> </ul>
10. Exacerbación del problema regional de los desechos sólidos debido a la falta de almacenamiento en el sitio.	10. Hay que planificar las áreas necesarias para eliminar los desperdicios en el sitio, suponiendo que se conozca las características peligrosas del lixiviador.
11. Interrupción de los modelos de tránsito, ruido y congestión, y agravación de los peligros para los peatones a causa de los camiones pesados que transportan la materia prima y los productos de la planta.	11. <ul style="list-style-type: none"> <li>• La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas, por ejemplo, los peligros para los peatones.</li> <li>• Se deben preparar estudios sectoriales durante la fase de factibilidad del proyecto, a fin de seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.</li> <li>• Reglamentar el transporte y diseñar los planes de contingencia de emergencia para reducir al mínimo el riesgo de accidentes;</li> </ul>
12. Potencial transmisión de enfermedades debido a la eliminación inadecuada de los desechos.	12. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar las especificaciones para:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• la preparación y/o procesamiento de los alimentos;</li> <li>• los procesos de eliminación de desechos;</li> <li>• el monitoreo del colibacilo fecal u otras bacterias.</li> </ul> </li> </ul>

## **FABRICACION DE HIERRO Y ACERO**

1. La fabricación de hierro y acero implica una serie de procesos complejos, mediante los cuales, el mineral de hierro se extrae para producir productos de acero, empleando coque y piedra caliza. Los procesos de conversión siguen los siguientes pasos: (a) producción de coque del carbón, y recuperación de los subproductos, (b) preparación del mineral (p.ej., sinterizar y formar pelletas), (c) producción de hierro, (d) producción de acero, y (e) fundición, laminación y acabado. Se pueden realizar estos pasos en una sola instalación, o en varios lugares completamente separados. En muchos países en desarrollo, es fabricado el acero de chatarra, en un horno de arco eléctrico. Por eso, los pasos (a) a (c), posiblemente no siempre sean aplicables a todos los proyectos de fabricación de acero. Una forma alternativa para producir el acero es la de la reducción directa, utilizando gas natural e hidrógeno. El producto de este proceso, hierro esponjoso, se convierte en acero en un horno de arco eléctrico; luego se funden los lingotes, y para esto se producen los productos no planos con una o dos laminadoras. Son las llamadas "mini fabricas".

### **Impactos Ambientales Potenciales**

2. La industria de acero es una de las más importantes en los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo. En los últimos, esta industria, a menudo, constituye la piedra angular de todo el sector industrial. Su impacto económico tiene gran importancia, como fuente de trabajo, y como proveedor de los productos básicos requeridos por muchas otras industrias: construcción, maquinaria y equipos, y fabricación de vehículos de transporte y ferrocarriles.

3. Durante la fabricación de hierro y acero se producen grandes cantidades de aguas servidas y emisiones atmosféricas. Si no es manejada adecuadamente, puede causar mucha degradación de la tierra, del agua y del aire (ver la Tabla 10.14 al final de esta sección para mayores detalles). En los siguientes párrafos, se presenta una descripción breve de los desperdicios generados por los procesos de fabricación de hierro y acero.

#### **Producción de Coque y Recuperación de Subproductos**

4. El coque es producido por el calentamiento de carbón bituminoso, que expulsa los componentes volátiles. El coque es empleado como agente de reducción, en los hornos altos que producen hierro, para extraer el metal del mineral; durante este proceso, cierta cantidad de carbón se disuelve en el hierro líquido. El proceso de coquificación, despiden grandes cantidades de gas conteniendo monóxido de carbono; esto facilita la producción de toda una serie de químicos: alquitrán mineral, aceites livianos crudos (conteniendo benceno, tolueno, xileno), amoníaco, naftaleno, y cantidades importantes de vapor. La mayoría de estas sustancias pueden ser recuperadas y refinadas como productos químicos; el resto del gas del horno de coquificación se emplea internamente en los diferentes procesos y hornos para calefacción, y su excedente de gas puede ser utilizado para generar energía eléctrica, o como materia prima para la producción de químicos.

5. La producción de coque produce grandes cantidades de aguas servidas que contienen amoníaco y otros componentes liberados durante el proceso de coquificación. Esta agua contiene concentraciones potencialmente tóxicas de fenoles, cianuro, tiocianato, amoníaco, sulfuro y cloruro. La producción de coque emite humo visible, polvo de coque, y la mayoría de las sustancias volátiles mencionados anteriormente.

#### **Preparación del Mineral**

6. Los minerales que contienen hierro (hematita, limonita, magnetita) se trituran, se clasifican y se aglomeran, mediante sinterización, para formar pelletas, nódulos o briquetas, a fin de tener el mineral concentrado y preacondicionado para alimentarlo a los

hornos altos. La preparación del mineral puede generar grandes cantidades de desechos y producir emisiones de polvo y dióxido de azufre.

### **Producción de Hierro**

7. El hierro es producido en el horno alto mediante la conversión de los minerales en hierro líquido, a través de su reducción con coque; se separan con piedra caliza, los componentes indeseables, como fósforo, azufre, y manganeso. Los gases de los hornos altos son fuentes importantes de partículas y contienen monóxido de carbono. La escoria del horno alto es formada al reaccionar la piedra caliza con los otros componentes y los silicatos que contienen los minerales. Se enfría la escoria en agua, y esto puede producir monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. Los desechos líquidos de la producción de hierro, se originan en el lavado de gases de escape y enfriamiento de la escoria. A menudo, estas aguas servidas poseen altas concentraciones de sólidos suspendidos y pueden contener una amplia gama de compuestos orgánicos (fenoles y cresoles), amoníaco, compuestos de arsénio y sulfuros.

### **Producción de Acero**

8. El hierro producido en los hornos altos es refinado mediante el proceso de fabricación de acero, en el que es eliminada la mayor parte del carbón que se disolvió en el hierro líquido. En las plantas antiguas, el proceso de fabricación de acero todavía emplea el hogar abierto, pero en las plantas nuevas el método favorito es el del horno básico de oxígeno; se emplea oxígeno para quemar el carbón que está disuelto en el hierro. En ambos procesos, se producen grandes cantidades de gases que contienen monóxido de carbono y polvo. Estos gases pueden ser reciclados luego de eliminar el polvo.

### **Fundición, Laminación y Acabado**

9. El paso final de la producción de acero convierte los lingotes de acero en los productos finales deseados. Los lingotes se laminan y forman placas, alambres, planchas, barras, tubos y varillas. Durante la laminación, se emplean grandes cantidades de aceite hidráulico y lubricante. Además, los baños químicos (para eliminar los óxidos) y la limpieza del producto final para remover el aceite y grasa, pueden generar volúmenes significativos de desechos líquidos ácidos, alcalinos y de solventes. En las plantas modernas, se omite, a menudo, el paso de la fundición de lingotes y se utiliza hierro líquido, directamente, en un proceso de fundición y laminación continua.

### **Reducción Directa: Mini-Fábricas de Acero**

10. La mini fábrica está formada por un horno de reducción directa y un horno de arco eléctrico y fundición continua de lingotes. Es aquí donde se reduce el mineral de hierro, utilizando gas natural (o productos de petróleo), el mismo que se convierte, en un horno de reformación, en un gas que contiene hidrógeno. El hierro esponjoso que se produce en el proceso de reducción, se alimenta al horno de arco eléctrico, a fin de convertirlo en acero. A menudo se emplean grandes cantidades de chatarra en este horno, además del hierro esponjoso. Al omitir el proceso de coqueificación y utilizar minerales de alta calidad, hace que este proceso alternativo produzca menos contaminación que el proceso convencional de horno alto; sin embargo, pueden haber emisiones significativas de polvo y monóxido de carbono.

## **Temas Especiales**

### **Desechos Sólidos**

11. Las fábricas de hierro y acero producen grandes cantidades de desechos sólidos, como escoria de horno alto, que puede ser utilizada para producir ciertos tipos de cemento, si se

granula correctamente. La escoria básica, otro desecho sólido, se emplea como fertilizante, y se produce al utilizar los minerales de hierro que poseen un alto contenido de fósforo.

12. La recolección de polvo en las plantas de coque, sinterización y en el horno alto, produce desechos que, en teoría, pueden ser parcialmente reciclados. El diseño debe aprovechar al máximo el reciclaje de los desechos sólidos recolectados en los espesadores, tanques de asentamiento, ciclones de polvo, precipitadores electrostáticos y áreas de almacenamiento de las materias primas. Hay que identificar en el plan del proyecto, las medidas apropiadas de eliminación definitiva de desechos sólidos, y éstas deben ser evaluadas completamente durante los estudios de factibilidad del proyecto. Se debe investigar la facilidad con que se puede lixiviar estos desechos; los depósitos de desperdicios sólidos deben ser forrados y monitoreados continuamente, a fin de prevenir la contaminación de las aguas freáticas. (Ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales.")

### **Desechos Líquidos**

13. Los solventes y ácidos que se utilizan para limpiar el acero son, potencialmente, peligrosos, y deben ser manejados, almacenados y eliminados como tal. Algunos de los subproductos que se recuperan son peligrosos o carcinogénicos, y se debe tomar las medidas adecuadas para recolectar, almacenar y despachar estos productos. Es necesario monitorear las fugas de líquidos y gases.

### **Reducción de los Desechos**

14. Si no se toman las medidas apropiadas, la contaminación atmosférica puede convertirse en un problema muy serio. Será necesario, durante la etapa de diseño, estudiar formas de reducir la contaminación atmosférica, mediante el uso de equipos especiales que eliminen el polvo seco, para separar los gases y recuperar los químicos valiosos, y remover los contaminantes tóxicos y recolectar los gases que contienen monóxido de carbono e hidrógeno, a fin de utilizarlos como combustibles secundarios en la planta, o para producir otros químicos (p.ej., metanol y amoníaco). Estas medidas pueden reducir la contaminación atmosférica y aumentar la eficiencia energética. Los químicos que causan contaminación atmosférica son: dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, benceno, tolueno, xileno, naftaleno, fenoles, benzopirina, cianuro, sulfuro de hidrógeno, y los compuestos de plomo y cinc.

15. Se emplean grandes cantidades de agua en la fabricación de hierro y acero. Es necesario contar con sistemas de tratamiento de aguas servidas para todos los procesos de fabricación de hierro y acero, y se debe estudiar la forma de reciclar el agua servida y tratada. Debido al alto contenido de sólidos de las aguas negras que se emplean para lavar los gases, es necesario incluir amplias instalaciones de coagulación y asentamiento.

16. Environmental Guidelines del Banco Mundial proporciona los lineamientos para las emisiones; la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA) establece las normas para la calidad del aire y de los efluentes. Estos reglamentos pueden servir como pautas para los proyectos de fabricación de hierro y acero en los países en desarrollo. Para que las prácticas de almacenamiento de líquidos sean adecuadas, puede ser necesario utilizar tanques de doble pared o diques; asimismo, hay que tener sistemas de detección de fugas, tanto para líquidos, como gases, así como tanques y tuberías. (Hay mayor información sobre este tema en la sección: "Manejo de Peligros Industriales.")

## **Alternativas del Proyecto**

### **Selección del Sitio**

17. Se analizan los temas generales que han de ser tomados en cuenta en la selección del sitio para una planta industrial, en la sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales." La naturaleza de la producción de hierro y acero es tal que los impactos sobre el medio ambiente causados por su producción, almacenamiento y transporte

merecen especial atención al evaluar los sitios alternativos. Si se da insuficiente atención a los problemas de emisiones y efluentes durante la etapa de planificación, el impacto sobre el medio ambiente puede ser substancial. Es inapropiado utilizar aguas de recepción cuya calidad o caudal sea inadecuado para aceptar aún los efluentes bien tratados.

18. Otro aspecto que merece ser atendido es el transporte de la materia prima hacia el sitio, y los productos finales fuera de éste. Se debe evitar la ubicación de las plantas industriales cerca de las áreas residenciales, especialmente si son densamente pobladas, debido a las molestias causadas por el polvo y el ruido. La producción de hierro y acero requiere de mucho espacio; por eso, al seleccionar el sitio se debe tomar esto en cuenta. Además, hay que tratar de dejar espacio para instalaciones adicionales que se requerirán en el futuro.

### **Procesos de Fabricación**

19. Si bien existen muchas alternativas para la planificación e implementación de los proyectos, generalmente, el proceso de fabricación de hierro y acero que se utiliza depende de las materias primas que están disponibles, y sus propiedades minerales, químicas y físicas pueden variar grandemente; de las materias primas utilizadas para el proceso de reducción en el horno alto (p.ej., coque con la inyección adicional de gas natural, aceite, o polvo de carbón); y de los combustibles utilizados en los hornos, calderas y centrales térmicas. La naturaleza de los productos finales también afecta el diseño de la planta. Una mini fábrica de acero que hace reducción directa del mineral y emplea un horno eléctrico basado en gas natural y electricidad, causará un impacto ambiental mucho menor. Los diseños recientes de plantas integradas de hierro y acero demuestran una tendencia hacia los procesos continuos que utilizan menos enfriamiento y calentamiento en las interfaces -- algo que es importante para ahorrar energía -- y causan menos contaminación atmosférica e hídrica.

20. Existe una amplia selección de procesos y equipos para controlar la contaminación. El mejor método de control y el equipo idóneo, dependerán del volumen y composición de los contaminantes que deben ser recuperados o descargados al medio ambiente.

#### **Control de la Contaminación Atmosférica**

- precipitadores electrostáticos
- tipos de ciclones
- conversión adecuada de los polvos en pelletas
- enfriadores de gases, lavadores de venturi, y separadores
- lavado de los gases de escape
- equipos para recuperar amoníaco, benceno y sulfuro de hidrógeno
- filtros de bolsa
- recuperación y reciclaje de monóxido de carbono
- recuperación del calor residual

#### **Control de la Calidad del Agua**

- neutralización de los efluentes ácidos y alcalinos;
- sedimentación y floculación en los espesadores;
- filtración de los sólidos suspendidos residuales;
- separadores de aceite y agua;
- control del contenido orgánico mediante tratamiento con carbón activo;
- intercambio iónico para controlar los metales;
- osmosis invertida para controlar los metales;
- reutilización, reciclaje o evaporación del agua, empleando el calor residual.

## **Administración y Capacitación**

21. Se debe dar apoyo institucional a los proyectos de hierro y acero, para asegurar el manejo eficiente de las estrategias de control de la contaminación y de reducción de los desperdicios, y para reducir al mínimo el impacto negativo potencial, sobre la calidad del aire y el agua, a causa de la fábrica. El personal de planta debe contar con un ingeniero capacitado en el monitoreo de sistemas de control de la contaminación del aire y el agua. A menudo, y a solicitud, los fabricantes de los equipos proveerán la capacitación necesaria en cuanto a su operación y mantenimiento. Se deben establecer procedimientos normales de operación y mantenimiento de la planta, para que sean implementados por la gerencia. Estos deben incluir la operación de equipos que controlan la contaminación, requerimientos en cuanto al monitoreo de la calidad del aire y el agua, y directrices con respecto a la notificación de las autoridades competentes y paralización de la planta u otras respuestas en el caso de la falla de los equipos de control de la contaminación.

22. Se deben establecer e implementar normas de salud y seguridad para la planta. A más de los reglamentos normales, podemos citar los siguientes:

- Provisiones para prevenir y reaccionar a los gases peligrosos (como monóxido de carbono y amoníaco) en áreas encerradas, y derrames de líquidos peligrosos (como ácido sulfúrico);
- Procedimientos para limitar la exposición al peligro del ruido y el calor excesivo, relacionados con la operación de los equipos pesados utilizados en la producción de acero;
- Un programa de exámenes médicos rutinarios;
- Capacitación permanente sobre salud y seguridad en la planta, y buenas prácticas de limpieza ambiental;
- Procedimientos de emergencia que requieren ejercicios regulares, a fin de tener un plan de acción en el caso de un derrame, fuga, explosión o incendio mayor.

(Para mayores detalles, ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales" y Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial.)

23. Se deben fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen; caso contrario, deben establecerse de acuerdo a los lineamientos del Banco Mundial. Las agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de monitorear la operación de los equipos de control de la contaminación, la calidad del aire y el agua, implementar las normas, y vigilar las actividades de eliminación de desperdicios, deben disponer de equipos necesarios y autoridad para hacerlo. Puede ser necesario dar capacitación especial. La evaluación ambiental debe incluir una valorización de la capacidad local en este respecto, y recomendar la incorporación, en el proyecto, de los elementos apropiados de asistencia.

## **Monitoreo**

24. Son necesarios los planes de monitoreo para la planta y el sitio. En general, los planes para las fábricas de hierro y acero deben contemplar el monitoreo de los siguientes aspectos:

- emisiones de partículas, dióxido de azufre, monóxido de carbono, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, arsénio y cianuros
- parámetros del proceso que comprueban la operación adecuada de los equipos de mitigación de la contaminación atmosférica

- la opacidad del gas de escape y la eficiencia de la combustión (casa de calderas, generación de energía eléctrica)
- la calidad del aire del lugar de trabajo, según el tipo de planta y proceso: dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno
- la calidad del aire ambiental, a favor del viento, alrededor de las plantas para verificar la presencia de contaminantes y partículas
- la calidad de las aguas de recepción, aguas abajo, para controlar la presencia de oxígeno disuelto, pH, y los contaminantes correspondientes y los sólidos suspendidos
- control de las corrientes de desechos líquidos de las plantas y tanques de sedimentación, para detectar los sólidos suspendidos, pH, contaminantes pertinentes, Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB5), aceite y grasa
- descargas de agua lluvia para detectar la presencia de aceite y grasa y sólidos suspendidos
- efectos sobre el agua freática y superficial de las prácticas de almacenamiento de los desechos sólidos
- las áreas de trabajo de todas las plantas, a fin de control los niveles de ruido;
- niveles de ruido fuera de la planta
- cumplimiento de los procedimientos de seguridad y de control de la contaminación

Tabla 10.14 Fabricación de Hierro y Acero

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta cerca de los habitats frágiles: mangles, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. • Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.
2. Ubicación cerca de los ríos causando su eventual degradación.	• Integrar la participación de las agencias de recursos naturales en el proceso de selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	2. • El proceso de selección del sitio debe examinar las alternativas que reduzcan los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua.
4. La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.	• Las plantas que producen descargas líquidas no deben ubicarse sino en los ríos que tengan la capacidad adecuada para absorber los desechos.
	3. Ubicar la planta en una área más alta que la topografía local, que no esté sujeta a inversiones y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
	4. • La selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos.
	• la planta debe estar cerca de un sitio adecuado para la eliminación de desechos; • el lote debe tener un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio;

Tabla 10.14 Fabricación de Hierro y Acero (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Selección del Sitio</b> (continuación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la ubicación debe ser conveniente para que los contratistas públicas/ privadas puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</li> <li>• reutilizar o reciclar los materiales para reducir el volumen de desechos.</li> </ul>
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El análisis de laboratorio de los efluentes debe tomar en cuenta los Sólidos Totales Suspendidos, aceite y grasa, amoníaco, nitrógeno, cianuro, fenoles, benceno, naftaleno, benzo-a-pirina, pH, y monitorear la temperatura in-situ.</li> </ul>
<p>5. • Contaminación hídrica debido a los efluentes, agua de enfriamiento y escurrimiento de las pilas de desechos.</p> <p>• Planta: Sólidos Totales Suspendidos, aceite y grasa, amoníaco, nitrógeno, cianuro, fenoles, benceno, naftaleno, benzo-a-pirina, pH, plomo, cinc.</p> <p>• Escurrimiento de las pilas de acopio de materiales: Sólidos Totales Suspendidos, pH, metales.</p>	<p><u>Todas las plantas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe haber ninguna descarga de agua de enfriamiento. Si no es factible reciclarla, se la puede descargar, siempre que la temperatura de la extensión de agua que la recibe no suba más de 3°C.</li> <li>• Mantener el pH del efluente entre 6.0 y 9.0.</li> <li>• Controlar el efluente, para que cumpla con las limitaciones del Banco u otros lineamientos (p.ej., Agencia de Protección Ambiental EPA 40 CFR 420), según el proceso específico.</li> </ul> <p><u>Áreas para las Pilas de Acopio de los Materiales, y Eliminación de los Desechos Sólidos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir al mínimo la filtración incontrolable de la lluvia a través de los montones.</li> <li>• Revestir las áreas de almacenamiento abiertas;</li> </ul>

**Tabla 10.14 Fabricación de Hierro y Acero (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos: Operación de la Planta (continuación)</b>	
6. Emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la planta.	6. • Controlar las partículas con filtros recolectores de tela o precipitadores electroestáticos.
7. Emanaciones gaseosas de SO <sub>x</sub> y CO a la atmósfera, provenientes de la producción de coque y quema de los combustibles.	7. • Controlar mediante el lavado con soluciones alcalinas.  • Hacer un análisis de las materias primas durante la etapa de factibilidad del proyecto para determinar los niveles existentes de azufre y diseñar los equipos adecuados para controlar las emisiones.  • Lavar, reciclar y reutilizar el monóxido de carbono.
8. Liberación casual de solventes y materiales ácidos y alcalinos, que son potencialmente peligrosos.	8. • Mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos en buen estado, de modo que se prevengan las fugas casuales.  • Proveer los equipos para mitigar los derrames, utilizar tanques de doble pared y/o diques alrededor de los tanques.
9. El escurrimiento superficial de los componentes, materias primas, carbón, cisco, y otras sustancias que, a menudo, se guardan en pilas en el patio de la planta, pueden contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.	9. • Cubrir y/o forrar las áreas de almacenamiento (especialmente las pilas de yeso) para controlar la filtración y escurrimiento de las aguas lluvias hacia las aguas freáticas y superficiales.  • Las áreas represadas deben tener un tamaño suficiente que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.
<b>Indirectos</b>	
10. • Los efectos para la salud de los trabajadores, debido al polvo fugitivo, manejo de materiales, ruido, u otras operaciones del proceso.	10. • La planta debe implementar un Programa de Seguridad y Salud diseñado para cumplir lo siguiente:

145

Tabla 10.14 Fabricación de Hierro y Acero (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b> (continuación)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La frecuencia de los accidentes es mayor que lo normal, debido al bajo nivel de experiencia de los trabajadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los peligros para la salud y seguridad;</li> <li>• dar capacitación sobre la seguridad.</li> </ul>
<p>11. Se complica el problema de la eliminación de los desechos sólidos en la región debido a la falta de almacenamiento en el sitio, o de instalaciones para su eliminación definitiva.</p>	<p>11. Planificar las áreas adecuadas para la eliminación en el sitio, luego de verificar si el lixiviador tiene propiedades peligrosas.</p>
<p>12. Se alteran los modelos de tránsito, creando ruido y congestión, y ocasionando serios peligros para los peatones, debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima y combustible hacia la planta o fuera de ella.</p>	<p>12.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas.</li> <li>• Se debe hacer un análisis del transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.</li> <li>• Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes.</li> </ul>

## **METALES NO FERROSOS**

1. En esta sección se estudiarán los siguientes metales: aluminio, ferroaleados, cobre, plomo, cinc y níquel. Hay muchos otros metales no ferrosos; sin embargo, como las cantidades que se producen son pequeñas, o los procesos son altamente especializados, o son subproductos de otras operaciones, rara vez participa el Banco en los proyectos que se diseñan para su producción.

### **Aluminio**

2. El aluminio se produce de bauxita, un óxido hidratado de aluminio. Este mineral se purifica primero, a fin de eliminar los otros elementos, disolviendo la alúmina en una solución concentrada de soda cáustica. El residuo se filtra (lodo rojo) y se procesa otra vez para extraer la alúmina. El residuo final se desecha. La alúmina pura se separa luego de cristalizar, espesar, filtrar, y calcinarlo. Después hay que reducir la alúmina, electrolíticamente, mezclar el aluminio con otros metales y fundirlo para obtener lingotes.

3. La producción secundaria de aluminio se realiza con chatarra; ésta es derritida en un horno, junto con los fundentes; después hay que agregar otros metales para formar el aleado, eliminar el magnesio, quitar el gas con cloro y despumarlo, antes de fundir los lingotes.

### **Ferroaleados**

4. El paso principal de la producción de ferroaleados es el de reducir y fundir los óxidos mezclados en el horno eléctrico. El carbón del coque, que normalmente se agrega a la materia prima, elimina el oxígeno, formando monóxido de carbono. Los óxidos no reducibles permanecen en la escoria y los metales reducibles forman un aleado. Hay que sangrar la escoria líquida y el aleado periódicamente, del fondo del horno. El tipo de aleado - ferrocromo, ferromagnesio, ferroníquel, ferrosilicio, ferrovanadio, ferroniobio, etc. -- depende de la composición de la mezcla de minerales que se introducen al horno. Se enfría la mezcla y se separa la escoria del aleado. Hay que romper, triturar y tamizar el aleado a fin de obtener el tamaño adecuado que requiere el mercado.

5. Las principales preocupaciones ambientales de la producción de ferroaleados son el gas, monóxido de carbono, y la gran cantidad de polvos ultrafinos que se producen en el horno eléctrico. En el pasado, los hornos eran abiertos; sin embargo, las plantas modernas emplean hornos cerrados; esto mejora la eficiencia y ayuda mucho para controlar los gases y humos que producen las operaciones de alta temperatura. Los gases se limpian con ciclones, filtros y lavadores. Se aglomeran los polvos finos para devolverlos al horno. Se emplea monóxido de carbono como combustible para calentar las calderas.

6. La escoria líquida y, con menos frecuencia, el aleado, son granuladas, a veces, con un chorro de agua. Esto produce un efluente y una escoria sólida fina que hay que eliminar, de modo que ambos tienen el potencial para causar degradación ambiental. Los hornos son enfriados con agua, y esto produce otra corriente de efluentes.

### **Fundición de Cobre y Níquel**

7. La mayor parte de cobre y níquel en el mundo proviene del proceso pirometalúrgico de fundición de sulfuro. El paso principal en este proceso es la fundición y separación por gravedad de la escoria de óxido líquida de baja densidad, del metal líquido de más alta densidad, que es una mezcla de sulfuros metálicos.

8. El paso de calcinación que se emplea para ajustar el contenido de azufre y hierro del metal del horno, y se realiza, frecuentemente, antes de este paso de fundición. En la calcinación, se calienta la materia prima y se la reacciona con aire. El azufre indeseado es

eliminado como óxido de azufre, y el hierro (que usualmente, está presente como un sulfuro), como óxido de hierro, el mismo que, durante la fundición, saldrá con la escoria. La preocupación ambiental con respecto a la calcinación es la presencia, en muchos de los minerales, de impurezas como arsénio, antimonio y cadmio. Sus óxidos tienden a convertirse en vapor, y éste se condensa, posteriormente, formando polvo en el gas de escape.

9. La conversión del metal ocurre después de la fundición. Se sopla aire, enriquecida, a veces, con oxígeno, a través del metal líquido, para eliminar el azufre y el hierro. El producto es cobre ampollado (cobre metálico impuro), o sulfuros sin hierro, ambos de los cuales requieren procesamiento adicional. La conversión es una operación que ocurre a alta temperatura y produce mucho gas; esto tiende a eliminar las impurezas de la mata (p.ej., óxidos de plomo, arsénio y cadmio).

10. Los equipos que se emplean para realizar cada uno de los pasos mencionados han sufrido, últimamente, muchos cambios, motivados, sea por la economía, o por la protección ambiental. Sus efectos netos han significado una reducción en el consumo de combustibles y un menor volumen de gas, con un mayor contenido de dióxido de azufre. Esta mejora facilita la remoción del polvo y recuperación del azufre como ácido sulfúrico o dióxido de azufre líquido.

### **Plomo**

11. Típicamente, la fundición de los minerales y concentrados de plomo ha empleado sinterización para eliminar el azufre, oxidar el plomo y aglomerar los materiales finos, seguido luego por fundición y reducción en el horno alto. En años recientes, la República Popular de China y el Canadá han adoptado un proceso de fundición directa, en que el concentrado de sulfuro de plomo se alimenta en un extremo del baño líquido, donde se inyecta oxígeno para eliminar el azufre, y se introduce carbón o un agente reductor gaseoso en el otro extremo, para reducir los óxidos de plomo de la escoria que se forma. Se saca la escoria de un extremo y el metal crudo del otro. Luego, el plomo crudo puede ser refinado, eléctricamente.

### **Cinc**

12. Los minerales sulfurosos son las fuentes principales de cinc. Hay dos métodos que se utilizan para extraer el metal: el primero es una combinación de la piro-, hidro- y electrometalurgia; el otro es un proceso pirometalúrgico simple. Ambos comienzan con la conversión del sulfuro en un óxido. En el proceso pirometalúrgico, la torta de óxido de cinc se alimenta al horno alto. El cinc metálico se vaporiza y se condensa como cinc líquido en los gases que salen. En el paso hidrometalúrgico, hay que disolver el óxido de cinc en ácido sulfúrico, purificar la solución y recuperar el cinc mediante electroextracción (un proceso de deposición). Jarosita, un sulfuro de hierro, es un desecho sólido producido durante la purificación; la operación de electroextracción tiende a producir neblina ácida.

## **Impactos Ambientales Potenciales**

13. Los impactos ambientales principales de la producción de aluminio, comenzando con el procesamiento del mineral extraído, incluyen la eliminación del lodo rojo (una mezcla de arcillas y soda cáustica, altamente corrosiva), emisiones de la quema de combustibles, emisiones del proceso de electrólisis del aluminio, y corrientes de desechos líquidos y lechadas. El lodo rojo puede degradar las aguas superficiales o freáticas que lo reciben.

14. Las emisiones emanadas de la planta de electrólisis contienen hidrófloruro, un gas extremadamente corrosivo y peligroso, y monóxido de carbono. El magnesio y los gases que provienen de los procesos de degasificación, contienen cloro y deberán ser lavados. Luego, será necesario neutralizar el licor producido por esta operación.

15. La producción de **Ferroaleados** genera grandes cantidades de polvo y coque fino (cisco). Los hornos eléctricos emanan grandes volúmenes de gases tóxicos, incluyendo monóxido de carbono y algunos compuestos de arsénio. Si no se presta para otros usos, la escoria deberá ser eliminada. Se puede limpiar el polvo de los gases con ciclones y filtros, y luego emplear un lavado para purificarlos más. Se puede reciclar el polvo recuperado a través de una planta de producción de pelotillas. El efluente del proceso de lavado no puede ser descargado sin tratamiento.

16. Los impactos ambientales de la producción de **níquel** dependen del proceso. La producción electrometalúrgica directa de ferroníquel producirá muchas partículas y monóxido de carbono, y pequeñas emisiones de gases azufrados. Los procesos pirometalúrgicos producen metal y emiten gases con una alta concentración de partículas y vapores tóxicos, los mismos que emanan de los calcinadores, fundiciones y convertidores, así como equipos de generación de electricidad, que, a menudo, son parte de las instalaciones de producción.

17. Los gases pueden contener dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. Los efluentes provienen del lavado de gases, y del enfriamiento con agua del metal y escoria del convertidor, de los hornos, de reducción, etc. Los desechos sólidos son escoria, sólidos de los pozos de enfriamiento, y lodos producidos durante el tratamiento de los desechos. Si se utiliza el proceso de carbonilo, se forma, como producto intermedio, níquel-carbonilo, que es un gas muy venenoso.

18. Los gases de la fundición y refinación de **cobre** contienen dióxido de azufre y partículas. Se debe recuperar el dióxido de azufre y utilizarlo para producir ácido sulfúrico. Los efluentes provienen de la purgación de la planta de ácido, enfriamiento por contacto y granulación de la escoria. Los efluentes de la planta de refinación contienen residuos del electrolito y de lavado de cátodo, escoria fina y lodo de ánodo.

19. La producción secundaria de cobre genera efluentes que provienen de la molienda de la escoria, del control de la contaminación atmosférica producida por la fundición, del electrolito y de la granulación de la escoria. Los desechos sólidos provienen, principalmente, de los lavadores de aire, ciclones, precipitadores, escoria de los hornos, y en la producción secundaria de cobre, de la chatarra o desechos producidos durante el pretratamiento.

20. Los contaminantes atmosféricos que emite el procesamiento de **plomo** son: partículas, dióxido de azufre, arsénio, antimonio, y cadmio procedentes de la planta de calcinación. Hay que recuperar, en la planta de ácido sulfúrico, la corriente muy concentrada de dióxido de azufre que sale del horno alto. Las partículas que tengan una elevada concentración de plomo deben ser removidas en los filtros o lavadores.

21. Los efluentes, que pueden contener metales tóxicos, provienen de los lavadores de la planta de calcinación, purgación de la planta de ácido, y otros lavadores que existen en la planta. Otra fuente de efluentes es la granulación de la escoria. Estos contienen plomo, cinc, cobre y cadmio. Los desechos sólidos vienen de los ciclones, filtros, etc., y, en general, pueden ser reutilizados en la planta.

22. Las plantas secundarias de plomo producen efluentes que contienen ácido proveniente de los lavadores de baterías rotas, y los baños del sistema de control de la contaminación atmosférica. El ácido de batería contiene los siguientes contaminantes: plomo, antimonio, cadmio, arsénio y cinc; no debe ser mezclado con los otros desechos, ni descargado.

23. Las emisiones del proceso pirometalúrgico de **cinc** contienen dióxido de azufre, arsénio, plomo y cadmio. Se recupera el dióxido de azufre mediante la producción de ácido sulfúrico. Un componente importante de los gases del horno de reducción es monóxido de carbono. Los vapores de cinc no condensados se lavan y se devuelven al proceso de refinación. El proceso electrometalúrgico de cinc produce las mismas emisiones

atmosféricas, con la adición ocasional de mercurio (que se elimina con un lavador). Los efluentes de los lavadores, purgación de la planta de ácido, y unidades de lixiviación, pueden contener los mismos elementos que las emisiones atmosféricas.

24. Los desechos sólidos contienen cantidades importantes de otros metales, y, normalmente, se venden a otros procesadores. El cadmio, sin embargo, es una excepción; se efectúa su recuperación casi siempre en el sitio donde se produce el cinc. (Para mayor información sobre los impactos ambientales de la producción de los metales no ferrosos, ver la Tabla 10.15 al final de esta sección.)

## Temas Especiales

### Emisiones Atmosféricas

25. La producción de **aluminio** de alúmina, mediante electrólisis, causa emisiones atmosféricas de fluro; éstas contienen gases que pueden ser muy perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Estas emisiones requieren monitoreo cuidadoso. Normalmente, se lavan en seco con polvo de alúmina, y esto elimina la mayor parte del fluro. El resto tiene que ser removido con un lavado húmedo y alcalino.

26. Pueden haber substanciales emisiones de partículas durante la producción de **ferrocromio** y **ferromanganeso**. Sin embargo, pueden ser reducidas al mínimo, durante la fase de diseño, dependiendo de la selección del horno (abierto, semiabierto, o cerrado) y mediante la instalación de un equipo de formación de pelotillas, que devuelve el polvo al proceso.

27. En la mayoría de las plantas se recupera el gas de dióxido de azufre producido durante la calcinación de los minerales azufrados; ésto se limpia y se utiliza como materia prima para la producción de ácido sulfúrico. El proceso empleado para limpiarlo produce efluentes con arsénio, selenio y sales metálicos tóxicos, que no pueden ser vertidos a los ríos, sino que requieren tratamiento para eliminar estos elementos.

### Efluentes

28. En general, los efluentes no deben causar problemas especiales si se manejan y se monitorean adecuadamente. Hay que permitir que las partículas se asienten y luego eliminarlas, y, tanto como sea posible, se debe recircular el agua por el proceso, luego de tratarla, si es necesario. No se debe permitir que se descargue agua cuya concentración de iones metálicos (sales) de los procesos de cobre, cromo, manganeso, níquel, cinc y plomo, sea mayor que lo indicado en Environmental Guidelines del Banco Mundial.

29. El ácido gastado que se haya utilizado para lixiviación u otro tratamiento no ha de ser vertido a ninguna extensión de agua natural, sino que debe ser neutralizado o reprocesado. Si se lo neutraliza, puede ser descargado únicamente si la concentración de metales y otros componentes nocivos es inferior a los límites oficiales permitidos.

### Desechos Sólidos

30. En la producción de **aluminio** se produce una gran cantidad de lodo rojo que tiene que ser eliminado. Este material no puede ser descargado en los ríos, sino que tienen que ser almacenado en tierra de tal manera que el escurrimiento o el lixiviador no puedan contaminar los ríos o agua freática. En general, el método más recomendado y el que se emplea con más frecuencia en los proyectos apoyados por el Banco, consiste en represar el material dentro de una área forrada y con diques. El agua de las piscinas de asentamiento y las áreas represadas puede ser devuelta al proceso luego de tratamiento. Eventualmente, es deseable implementar estabilización y revegetación.

31. Los desechos sólidos provenientes de la producción de la mayoría de los otros metales no ferrosos contienen materiales reutilizables, y se debe considerar reciclaje, al diseñar las medidas que se emplearán para eliminarlos. Si no se venden para reprocesamiento, los lodos deberán almacenarse bajo condiciones controladas, para impedir que se filtren los líquidos lixiviados hacia las aguas freáticas, o que se produzca escurrimiento hacia los recursos hídricos superficiales. Constituye un problema serio el lodo de las plantas de **plomo**, porque puede contener fuertes concentraciones de metales tóxicos.

### **Reducción de los Desechos**

32. Los proyectos que se benefician de la ayuda del Banco, deben implementar el reciclaje del agua de proceso. Frecuentemente, se pueden vender los desechos sólidos a otros procesadores para que se recuperen los materiales útiles, o si son inofensivos, pueden ser utilizados para otros propósitos, bajo condiciones estrictamente controladas (como el uso del lodo rojo para rellenos en la orilla del mar). Sin embargo, si los desechos sólidos van de ser vendidos o transferidos a contratistas, sea para mayor procesamiento, o para rellenos, el proyecto debe especificar condiciones estrictamente controladas.

### **Seguridad al Manejar los Metales Calientes**

33. En todas las operaciones con metales fundidos, existe el peligro de explosión a causa del contacto con el agua. No se entiende muy bien el mecanismo de esta explosión. Se puede inundar el metal con agua, por ejemplo, al granular el metal, sin peligro; sin embargo, una pequeña cantidad de agua que cae encima del metal fundido puede ser mortal.

## **Alternativas del Proyecto**

34. Existen muchas alternativas para la planificación y ejecución de los proyectos, pero las tecnologías y materias primas disponibles limitan los tipos de fábricas de metales no ferrosos que sean apropiadas para el proyecto.

### **Selección del Sitio**

35. Los temas generales que deben ser tomados en cuenta al seleccionar el sitio para una planta industrial se analizan en la sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales." La naturaleza de la producción de los metales no ferrosos es tal, que los impactos sobre la calidad del agua y la tierra, debido a la eliminación de desechos sólidos, merece especial atención durante la evaluación de los sitios alternativos. Las aguas de recepción que sean de inferior calidad o insuficiente caudal y que no pueden aceptar ni los efluentes bien tratados, son inapropiadas.

36. Si la extracción minera y la producción se realizan en el mismo sitio, o muy cerca la una a la otra, se debe evaluar el impacto total de las dos operaciones sobre el medio ambiente. El resultado puede ser positivo si los sitios antiguos de extracción minera pueden ser utilizados para depositar los desechos sólidos, bajo condiciones estrictamente controladas.

### **Proceso de Fabricación**

37. Los procesos de producción de los metales no ferrosos varían según los metales a producirse, y de acuerdo con las materias primas que se utilicen. No es una consideración frecuente en los proyectos específicos, pero cabe señalar que, en general, hay que tomar en cuenta todas las posibilidades que existen en el país para reciclar chatarra, antes de desarrollar las instalaciones necesarias para extraer el metal virgen. Esto será beneficioso, desde el punto de vista ambiental, y también puede ahorrar para el país el alto costo de la energía consumida en la producción y extracción minera.

38. Para la producción de **aluminio**, es importante asegurarse que los últimos acontecimientos tecnológicos haya sido tomados en cuenta, porque pueden tener un efecto

beneficioso para el manejo de los desechos; por ejemplo, el uso de camas fluidizadas para recuperar el calor residual de los hornos de fundición de aluminio.

39. A menudo, existen dos diferentes procesos para producir de **níquel, cobre y cinc** de los minerales azufrados: el pirometalúrgico, y el hidrometalúrgico. La selección del proceso depende de muchos factores, incluyendo las propiedades inherentes del mineral, y los factores no metalúrgicos, como la ubicación geográfica, disponibilidad de agua y energía eléctrica, y requerimientos del mercado. La ventaja de la hidrometalúrgica es que se presta para los minerales más pobres o complejos. Esto es importante, porque se están agotando las existencias mundiales de los minerales ricos. A menudo, este proceso sirve para depósitos de mineral reducidos, empleando plantas de procesamiento relativamente pequeñas. Sin embargo, no necesariamente es defendible declarar que el proceso hidrometalúrgico es mejor que el pirometalúrgico, por razones ambientales; la situación no es tan clara y deberá ser evaluada, separadamente, para cada proyecto.

### **Control de la Contaminación Atmosférica**

40. Es obligatorio controlar la contaminación atmosférica en los proyectos que tienen la ayuda del Banco. Las alternativas que deben ser evaluadas son:

- diseño del proceso y selección de los equipos, precipitadores electrostáticos, gas de escape (húmedo o seco)
- precipitadores electrostáticos
- lavadores de gas de escape (húmedo o seco)
- ciclones de alta eficiencia
- filtros de bolsa
- Separación de dióxido de azufre y utilización para producir ácido sulfúrico
- Separación de monóxido de carbono y utilización para producir calor

### **Control de la Calidad del Agua**

41. Las alternativas para controlar la contaminación del agua son:

- reutilización de las aguas servidas
- evaporación solar
- precipitación
- evaporación solar
- floculación, sedimentación, clarificación y filtración
- intercambio iónico, filtración de membrana, osmosis inversa
- neutralización (control activo del pH)
- tratamiento biológico, si es necesario

## **Administración y Capacitación**

42. Los impactos negativos potenciales sobre la calidad del aire y el agua de todos los procesos metalúrgicos no ferrosos requieren apoyo institucional para asegurar que se maneje eficientemente el control de la contaminación y la reducción de los desperdicios. Entre el personal de planta debe haber un ingeniero capacitado en monitoreo, y las tecnologías de control de la contaminación del aire y el agua que se emplean, específicamente, en las industrias no ferrosas.

43. A menudo, y a pedido, los fabricantes de los equipos proveerán la capacitación necesaria en cuanto a su operación y mantenimiento. Se deben establecer procedimientos normales de operación y mantenimiento de la planta, para que sean implementados por la gerencia. Estos deben incluir la operación de equipos que controlan la contaminación, requerimientos en cuanto al monitoreo de la calidad del aire y el agua, y directrices con respecto a la notificación de las autoridades competentes y paralización de la planta u otras respuestas en el caso de la falla de los equipos de control de la contaminación.

44. Se deben establecer e implementar normas de salud y seguridad para la planta. Hay que tomar en cuenta las siguientes:

- Provisiones para prevenir y reaccionar a las fugas casuales de gases y derrames accidentales de ácidos.
- Procedimientos para mantener el nivel de exposición a los gases tóxicos y partículas atmosféricas en un nivel más bajo de los límites establecidos por el país o los reglamentos del Banco Mundial.
- Un programa de exámenes médicos rutinarios.
- Capacitación permanente sobre la salud y seguridad en la planta, y buenas prácticas de limpieza ambiental.
- Procedimientos de emergencia que requieren ejercicios regulares, a fin de tener un plan de acción en el caso de un derrame, fuga, explosión o incendio mayor.

(Para mayores detalles y análisis, ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales" y Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial.)

45. Se deben fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen; caso contrario, deben establecerse de acuerdo a los lineamientos del Banco Mundial. Las agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de monitorear la operación de los equipos de control de la contaminación, la calidad del aire y el agua, implementar las normas, y vigilar las actividades de eliminación de desperdicios, deben disponer de equipos necesarios y capacitación especializada para hacerlo. Estas actividades deben ser financiadas por el proyecto. Puede ser necesario dar capacitación especial. La evaluación ambiental debe incluir una valorización de la capacidad local en este respecto, y recomendar la incorporación, en el proyecto, de la asistencia indicada.

### **Monitoreo**

46. Son necesarios los planes de monitoreo para la planta y el sitio. En general, sin embargo, las plantas metalúrgicas no ferrosas deben contemplar el monitoreo de los siguientes aspectos:

- opacidad del gas de la chimenea
- emisiones de partículas, dióxido de azufre, fluoruro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, cloro, amoníaco, óxidos de nitrógeno, según el caso

- parámetros del proceso que comprueban la operación de los equipos de mitigación de la contaminación atmosférica, por ejemplo, la temperatura del gas de la chimenea
- la calidad del aire del lugar de trabajo, según el tipo de planta y proceso;
- la calidad del aire ambiental alrededor de las plantas para verificar la presencia de los contaminantes correspondientes
- la calidad de las aguas de recepción, aguas abajo, para controlar la presencia de oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos, cianuro, cloro libre y los metales tóxicos pertinentes
- controlar las corrientes de los desechos líquidos de las plantas para el oxígeno disuelto, pH, sólidos totales suspendidos y disueltos, si son pertinentes, y cianuro, sulfuro de hidrógeno, ácido sulfúrico, soda cáustica, iones metálicos tóxicos, radioactividad, pH, Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB5), aceite y grasa
- las descargas de agua lluvia, que se permiten, de las plantas y áreas de almacenamiento, para detectar la presencia de los mencionados contaminantes
- las áreas de trabajo de todas las plantas, a fin de controlar los niveles de ruido
- las pilas de acopio de desechos, acumulación en las áreas represadas del material de las piscinas y lodo, para detectar la presencia de contaminantes en el escurrimiento, infiltración y líquidos lixiviados
- inspección para verificar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad y de control de la contaminación

**Tabla 10.15 Metales no Ferrosos**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta cerca de los habitats frágiles: manglares, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.</li> <li>• Integrar la participación de las agencias de recursos naturales en el proceso de selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.</li> </ul>
2. Ubicación cerca de los ríos causando su eventual degradación.	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de selección del sitio debe examinar las alternativas que reduzcan los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua.</li> <li>• Las plantas que producen descargas líquidas no deben ubicarse sino en los ríos que tengan la capacidad adecuada para absorber los desechos de los efluentes tratados.</li> </ul>
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	3. Ubicar la planta en una zona más alta que la topografía local, que no esté sujeta a inversiones y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
4. La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• La selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• la planta debe estar cerca de un sitio adecuado para la eliminación de desechos;</li> <li>• el lote debe tener un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio;</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 10.15 Metales no Ferrosos (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<p><b>Directos: Selección del Sitio (continuación)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la ubicación debe ser conveniente para que los contratistas públicas/ privadas puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</li> <li>• reutilizar o reciclar los materiales para reducir el volumen de desechos;</li> </ul>
<p><b>Directos: Operación de la Planta</b></p>	
<p>5. • Contaminación hídrica debido a los efluentes, agua de enfriamiento y escurrimiento de las pilas de desechos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta: metales, aceite y grasa, amoníaco, nitrógeno.</li> <li>• Escurrimiento de las pilas de acopio de materiales: Sólidos Totales Suspendidos, pH, metales.</li> </ul>	<p>5. • El análisis de laboratorio de los efluentes debe tomar en cuenta los Sólidos Totales Suspendidos, aceite y grasa, amoníaco, nitrógeno, y monitorear la temperatura in-situ.</p> <p><u>Todas las plantas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe haber ninguna descarga de agua de enfriamiento. Si no es factible reciclarla, se la puede descargar, siempre que la temperatura de la extensión de agua que la recibe no suba más de 3°C.</li> <li>• Mantener el pH del efluente entre 6.0 y 9.0.</li> <li>• Controlar el efluente, para que cumpla con las limitaciones del Banco u otros lineamientos (p.ej., Agencia de Protección Ambiental EPA 40 CFR 421), según el proceso específico.</li> </ul> <p><u>Áreas para las Pilas de Acopio de los Materiales, y Eliminación de los Desechos Sólidos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir al mínimo la filtración incontrolable de la lluvia a través de los montones.</li> <li>• Revestir las áreas de almacenamiento abiertas.</li> </ul>

**Tabla 10.15 Metales no Ferrosos (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos: Operación de la Planta (continuación)</b>	
6. Emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la planta.	6. • Controlar las partículas con filtros recolectores de tela o precipitadores electroestáticos.
7. Emanaciones gaseosas a la atmósfera, provenientes del procesamiento de los metales y la quema de los combustibles.	7. • Controlar mediante el lavado con soluciones alcalinas.  • Hacer un análisis de las materias primas durante la etapa de factibilidad del proyecto para determinar los niveles existentes de azufre y diseñar los equipos adecuados para controlar las emisiones.
8. Liberación casual de solventes y materiales ácidos y alcalinos, que son potencialmente peligrosos.	8. • Mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos en buen estado, de modo que se prevengan las fugas casuales.  • Proveer los equipos para mitigar los derrames, utilizar tanques de doble pared y/o diques alrededor de los tanques.
9. El escurrimiento superficial de los componentes, materias primas, carbón, cisco, y otras sustancias que, a menudo, se guardan en pilas en el patio de la planta, pueden contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.	9. • Cubrir y/o forrar las áreas de almacenamiento para controlar la filtración y escurrimiento de las aguas lluvias de las pilas de materiales sólidos, combustible y desechos hacia las aguas freáticas y superficiales.  • Las áreas represadas deben tener un tamaño suficiente que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.
<b>Indirectos</b>	
10. • Los efectos para la salud de los trabajadores, debido al polvo fugitivo, manejo de materiales, ruido, u otras operaciones del proceso.	10. • La planta debe implementar un Programa de Seguridad y Salud diseñado para cumplir lo siguiente:

Tabla 10.15 Metales no Ferrosos (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b> (continuación)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La frecuencia de accidentes es mayor que lo normal, debido al bajo nivel de experiencia de los trabajadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los peligros para la salud y seguridad;</li> <li>• dar capacitación sobre la seguridad;</li> </ul>
11. Se complica el problema de la eliminación de los desechos sólidos en la región, debido a la falta de almacenamiento en el sitio, o de instalaciones para su eliminación definitiva.	11. • Planificar las áreas adecuadas para la eliminación en el sitio, luego de verificar si el lixiviador tiene propiedades peligrosas.
12. Se alteran los modelos de tránsito, creando ruido y congestión, y ocasionando serios peligros para los peatones debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima y combustible hacia la planta o fuera de ella.	12. • La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas.  • Se debe hacer un análisis del transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.  • Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes.
13. La extracción de los minerales o carbón localmente, para la fabricación de metales, puede crear conflictos con las otras industrias (carbón para los servicios públicos), o agravar la erosión/sedimentación de los ríos, si las operaciones son incontroladas o irrestringidas.	13. • Planificar el uso del carbón para que compagine con la disponibilidad e imponer restricciones sobre los métodos de extracción.  • Coordinar con la agencia responsable para analizar las opciones de reclamación del sitio, cuando salga del servicio.
14. El procesamiento de metales puede requerir cantidades significativas de electricidad, lo cual puede causar conflictos con otros usuarios industriales.	14. • Realizar el procesamiento de los metales durante las horas en que las otras industrias que requieren energía no estén operando.  • Aumentar la capacidad de generación de energía eléctrica.

## **REFINACION DE PETROLEO**

1. Esta categoría incluye la producción una amplia gama de productos de petróleo crudo: hidrocarburos, químicos, combustibles, bitumen y materias primas químicas. Se efectúa la refinación de petróleo siguiendo los siguientes pasos: (a) separación del petróleo en fracciones según el punto de ebullición y los productos eventuales, (b) conversión de los compuestos mediante desdoblamiento, reordenamiento o recombinación de las moléculas componentes, (c) tratamiento para eliminar los contaminantes, como azufre, y (d) introducción de aditivos a los productos para que cumplan con las especificaciones.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

2. Los impactos ambientales de la refinación de petróleo son el resultado, principalmente, de las emisiones gaseosas, descargas de efluentes, desechos sólidos, ruido, olor, y efectos visuales o estéticos.

3. Las emisiones atmosféricas constituyen las causas más significativas de los impactos ambientales negativos de las refinerías. Las más importantes son las partículas, hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno. Emanan de diferentes fuentes incluyendo la unidad de desintegración catalítica, los procesos de recuperación de azufre, calentadores, desfuegos, mecheros y almacenamiento de los productos o materias primas. Los sellos de las bombas y las válvulas pueden originar las emisiones fugitivas. La combinación de estas emanaciones puede causar olores nocivos que afectarán a grandes áreas alrededor de la refinería.

4. Se emplean grandes cantidades de agua en la refinación de petróleo para lavar los materiales indeseados de la corrientes del proceso, para enfriamiento y producción de vapor, y en los procesos de reacción. Entre los contaminantes principales que se encuentran en los efluentes de las refinerías de petróleo tenemos: aceite y grasa, amoníaco, compuestos fenólicos, sulfuros, ácidos orgánicos, y cromo y otros metales. Se pueden expresar estos contaminantes en términos de su demanda de oxígeno bioquímico (DOB5), o químico (DOQ) y el contenido de carbón orgánico total (COT). Además, existe el potencial para tener seria contaminación del agua superficial, el suelo y el agua freática debido a las fugas o derrames de las materias primas o productos. La purgación del agua de enfriamiento, el agua de lavado o de limpieza, el escurrimiento y filtración de los patios de tanques, astilleros de tubos, áreas de entrega de los productos, y de procesamiento, puede también causar la degradación de las aguas superficiales y freáticas.

5. Las refinerías generan grandes cantidades de desechos sólidos; los principales son las partículas catalíticas de las unidades de desintegración, finos de coque, sulfuros de hierro, medios de filtración, y diferentes lodos (de la limpieza de los tanques, separadores de aceite y agua, y sistemas de tratamiento de las aguas servidas).

6. La operación de refinación de petróleo puede ser ruidosa. Las fuentes de ruido son los compresores de alta velocidad, las válvulas de control, los sistemas de tubería, turbinas y motores, mecheros, intercambiadores de calor, con enfriamiento por aire, ventiladores, torres de enfriamiento y desfuegos. Los niveles típicos de ruido varían de 60 a 110 dB a una distancia de un metro de la fuente. (Ver la Tabla 10.16 al final de esta sección para otros ejemplos de los impactos ambientales negativos que se producen en las refinerías de petróleo, y las medidas que se recomiendan para evitar o mitigarlos.)

## **Temas Especiales**

### **Riesgo de Derrames Accidentales**

7. Puede ser catastrófico para el medio ambiente un derrame o descarga importante de materia prima, productos o desechos, especialmente para los ecosistemas marinos o acuáticos. Especialmente vulnerable es el agua freática, si se producen fugas no detectadas de los tanques u oleoductos. Se deben ubicar las refinerías distantes de las áreas que son propensas a los desastres naturales (terremotos, marejadas, inundaciones, condiciones meteorológicas adversas, etc.) y fuera de los recursos frágiles que no pueden ser protegidos en el caso de un derrame grande. Los diseños de las instalaciones de almacenamiento y transferencia deben incluir medios para contener los derrames. Los oleoductos deben estar equipados de alarmas y válvulas de cierre automáticas, a fin de permitir una respuesta rápida a las roturas. Los procedimientos de operación de las plantas deben incluir inspecciones frecuentes de los tanques y oleoductos para detectar fugas.

8. Debe haber capacitación rutinaria de seguridad y respuesta a los derrames, para el personal que participa en el transporte de las materias primas y los productos. Como parte del proyecto, es necesario diseñar, conjuntamente con las autoridades gubernamentales locales y los hospitales, un plan de acción para los derrames, que incluya la notificación de los funcionarios y las partes afectadas (p.ej., usuarios del agua río abajo, flotas pesqueras, puertos y marinas, áreas de turismo), provisiones para la asignación de responsabilidad para la contención y limpieza, procedimientos de evacuación, atención médica, y adquisición anticipada de los equipos y suministros.

### **Peligros de Explosión e Incendio**

9. Típicamente, son inflamables o explosivos, las materias primas y productos del petróleo. Se debe tomar en cuenta estos riesgos al seleccionar el sitio de la refinería; para reducir el peligro que representan, se deben implementar los diseños y procedimientos correspondientes en cada planta. Asimismo, la refinería debe disponer de equipos de emergencia contra incendios. Hay que evaluar y fortalecer, si es necesario, la capacidad de las comunidades aledañas para responder a los desastres. Para mayores detalles, ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales."

### **Reducción de Desechos, Reciclaje y Reutilización**

10. Hay dos tipos de medidas que se pueden tomar en las plantas para reducir grandemente el volumen de efluente de la refinería. El primero contempla la reutilización del agua de un proceso en otro; por ejemplo, utilizar la purgación de las calderas de alta presión como alimento para las calderas de baja presión, o emplear el efluente tratado como agua de complemento, donde sea posible. El segundo enfoque es el de diseñar sistemas que reciclan el agua, repetidamente, para el mismo propósito. Por ejemplo, el uso de torres de enfriamiento o la utilización del condensado de vapor como alimento para las calderas.

11. La limpieza y las buenas prácticas de trabajo reducirán aún más el caudal de las aguas servidas. Así por ejemplo, reducir el desperdicio al tomar muestras de las líneas de los productos, emplear camiones de vacío o métodos de limpieza en seco para limpiar los derrames, aplicar las prácticas sólidas de inspección y mantenimiento para reducir las fugas, y separar las corrientes de desechos que tienen características especiales, antes de eliminarlos (por ejemplo, la solución de limpieza gastada).

## **Alternativas del Proyecto**

### **Selección del Sitio**

12. Se presentan los aspectos generales que deben ser considerados en la selección del sitio para una planta industrial en la sección sobre la "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales." La naturaleza de la refinación de petróleo requiere que los impactos potenciales sobre la calidad del aire, los recursos hídricos, y lo estético, reciban especial atención durante la evaluación de los sitios alternativos.

Los requerimientos para la ubicación de una refinería incluyen los siguientes:

- debe haber agua de la calidad y cantidad necesaria para satisfacer los requerimientos de la refinería y absorber el efluente tratado sin que se perjudiquen los usos deseados o las aguas de recepción;
- ha de haber suficiente terreno para facilitar la ubicación lógica e ilimitada de las instalaciones de almacenamiento de las materias primas, equipos de producción y mantenimiento, y de eliminación de los desechos, y permitir la expansión futura;
- deben ser compatibles los usos de los terrenos colindantes, es decir, debe estar a una distancia adecuada de los sitios residenciales, comerciales, institucionales, recreativos y turísticos, a fin de evitar los impactos causados por la falta de calidad de aire, los olores y el ruido, así como las explosiones y riesgos de incendio;
- la topografía debe ser apropiada para que los impactos de las condiciones meteorológicas adversas sean mínimos;
- debe ser mínimo el riesgo de los peligros naturales;
- hay que evitar las áreas de renovación de las aguas freáticas; y
- debe estar a una distancia adecuada de las propiedades culturales que podrían sufrir deterioro debido a las emisiones de la refinería.

### **Transporte de los Materiales**

13. La mayoría de los grandes derrames de petróleo son el resultado de los accidentes de transporte. Cada método de transporte de materias primas y productos de la refinería implica ciertos riesgos inherentes, que pueden provocar un derrame casual durante la transferencia o acarreo. El nivel de riesgo, se debe, hasta cierto punto, a la naturaleza del área geográfica y el estado de la infraestructura del país. Se puede comparar el riesgo de los accidentes y la fragilidad e importancia de los recursos ecológicos y socioculturales que podrían sufrir deterioro, con el costo de los modos alternativos de transporte y sus propios impactos ambientales, antes de decidir sobre las alternativas que deben ser empleadas en una refinería dada. Existen casos en lo que es posible reducir los impactos potenciales a niveles aceptables, únicamente al seleccionar un método de transporte en particular; por ejemplo, al tratarse de una área costanera frágil con humedales importantes, sería preferible emplear oleoductos superficiales o subterráneos en las rutas interiores que conducen a la planta, antes que utilizar tanqueros, barcazas, ferrocarriles o camiones para el transporte.

## **Modificación del Proceso**

14. En la mayoría de los casos, las siguientes modificaciones se aplican a las instalaciones, tanto nuevas, como existentes, que traerían mucho beneficio para el medio ambiente:

- substituir catalizadores mejorados que tengan una vida más larga y requieran regeneración menos frecuente;
- reemplazar el enfriamiento con agua, con el de ventiladores (para reducir las descargas por purgación), e implementar un sistema de recirculación de agua, en vez de utilizarla una sola vez;
- aprovechar al máximo los procesos de adición de hidrógeno, y reducir al mínimo los procesos de remoción de carbono y tratamiento químico, para que la cantidad de desechos que se generan sea la menor posible; y
- utilizar al máximo los procedimientos de secado, desulfuración y terminación, a fin de reducir al mínimo los volúmenes de cáustica gastada, sólidos de filtración y otros materiales que requieren provisiones especiales para su eliminación.

## **Administración y Capacitación**

15. Los impactos potenciales de la refinación de petróleo sobre el aire, el agua y el suelo, implican la necesidad de tener apoyo institucional, a fin de asegurar que la supervisión del manejo de los materiales sea eficiente, al igual que el control de la contaminación y la reducción de los desperdicios. Se debe capacitar al personal de la instalación, usando tecnologías avanzadas para controlar la contaminación del aire y el agua. A menudo, los fabricantes de equipos proveerán la capacitación necesaria en cuanto a su operación y mantenimiento. Se deben establecer procedimientos normales de operación de la refinería, para que sean implementados por la gerencia. Estos deben incluir la operación de equipos que controlan la contaminación; requerimientos en cuanto al monitoreo de la calidad del aire y el agua; medidas especiales para evitar las emisiones por el mechero provenientes de las inyecciones de vapor; instrucciones para los operadores a fin de prevenir las emisiones malolientes; y directrices con respecto a la notificación de las autoridades competentes en el caso de una descarga casual de contaminantes. Se debe mejorar el manejo de las sustancias tóxicas y peligrosas mediante el uso de detectores, alarmas, etc., y capacitación especial del personal operativo.

16. Son necesarios los procedimientos de emergencia a fin de implementar acción rápida y efectiva en el caso de que ocurran accidentes, como derrames, incendios y/o explosiones mayores, que representen graves riesgos para el medio ambiente o la comunidad circundante. Frecuentemente, los funcionarios y agencias del gobierno local, así como los servicios comunitarios (médicos, bomberos, etc.), juegan un papel clave en este tipo de emergencia; por eso, deben ser incluidos en el proceso de planificación. Los ejercicios periódicos juegan un papel importante en los planes de respuesta. (Ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales", para mayores detalles.)

17. Se deben establecer e implementar normas de salud y seguridad en la planta, incluyendo procedimientos para mantener más bajos que los límites aceptados, los niveles de exposición a ruido y sustancias tóxicas; un programa de exámenes médicos rutinarios, y monitoreo de los archivos médicos clínicos; capacitación permanente sobre la salud y la seguridad en la planta; y buenas prácticas de limpieza ambiental. (Ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales").

18. Se deben fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen; caso contrario, deben fundamentarse en los

lineamientos del Banco Mundial. Las agencias gubernamentales deben disponer de los equipos necesarios, la autoridad, y la capacitación correspondiente, para monitorear la operación los equipos de control de la contaminación, implementar las normas, y responder a las emergencias. La evaluación ambiental debe incluir una valorización de la capacidad local en este respecto, y recomendar la incorporación, en el proyecto, de los elementos apropiados de asistencia.

## **Monitoreo**

19. Se requieren planes de monitoreo para la planta, y para el sitio. En general, sin embargo, el monitoreo que se realiza en la refinería incluirá los siguientes aspectos:

- opacidad del gas de la chimenea (permanente);
- pruebas periódicas de la chimenea para detectar partículas, óxidos de azufre y nitrógeno (en el caso de las unidades que queman combustibles y las de desintegración catalítica), sulfuro de hidrógeno (para las unidades de hidrodesulfuración y de recuperación de azufre);
- concentraciones a nivel de la tierra, a varias distancias del sitio;
- contenido de aceite de las aguas servidas (continuo);
- estación meteorológico local para controlar las condiciones climáticas durante todo el año;
- muestreo periódico de las aguas servidas (muestra compuesta de 24 horas) para controlar la Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB5), Demanda de Oxígeno Químico (DOQ), carbono orgánico total (COT), Sólidos Totales Suspendidos (TSS), aceite y grasa, compuestos fenólicos, nitrógeno de amoníaco, sulfuros, cromo total, pH, temperatura y caudal;
- monitoreo continuo de ciertos parámetros para asegurar que se detecten oportunamente los trastornos del proceso;
- evitar descargas excesivas de contaminantes -- p.ej., carbono orgánico total (COT) y el caudal;
- instalación de pozos de monitoreo y muestreo periódico del agua freática para tener advertencia oportuna de su contaminación por los derrames y fugas.

**Tabla 10.16 Refinación de Petróleo**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta cerca de los habitats frágiles: manglares, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.</li> <li>• Integrar la participación de las agencias de recursos naturales en el proceso de la selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.</li> </ul>
2. Ubicación cerca de los ríos, causando su eventual degradación.	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de la selección del sitio debe examinar las alternativas que reducen los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua, según los siguientes lineamientos;               <ul style="list-style-type: none"> <li>• el río debe tener suficiente capacidad para absorber los desechos;</li> <li>• escoger una área donde las aguas servidas pueden ser utilizadas luego de un tratamiento mínimo, para usos agrícolas o industriales;</li> <li>• ubicar dentro de una municipalidad que pueda aceptar los desechos de la planta en su sistema de tratamiento de aguas negras.</li> </ul> </li> </ul>
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	3. Construir la refinería en una área que no esté sujeta a inversiones, ni atrapamiento de los contaminantes atmosféricos, y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
4. La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el caso de una planta que produce una gran cantidad de desechos, la selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• el lote debe ser de un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio;</li> <li>• la planta debe estar cerca de un depósito de desechos;</li> <li>• la ubicación debe ser conveniente para que los contratistas públicos/privados puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</li> </ul> </li> </ul>

Tabla 10.16 Refinación de Petróleo (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	
<p>5. • Contaminación hídrica debido a los efluentes y el agua de enfriamiento o el escurrimiento de las pilas de desechos, que pueden contener:</p> <p>Demanda de Oxígeno Bioquímico, Demanda de Oxígeno Químico, carbono orgánico total, aceite y grasa, amoníaco, compuestos fenólicos, sulfuros y cromo.</p>	<p>5. • Controlar mediante la reutilización de las aguas servidas, y empleando pretratamiento en la fuente y tecnología de control 'del final del tubo';</p> <p>(a) La medidas principales de pretratamiento en la fuente son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lavado de las aguas ácidas;</li> <li>• neutralización y oxidación del líquido cáustico gastada;</li> </ul> <p>(b) La tecnología de control 'del final del tubo' depende de una combinación de la ecualización del flujo, los métodos físicos y químicos (p.ej., flotación con aire disuelto y espesadores de lodos), y los métodos biológicos (lodo activado, lagunas aireadas y filtración por goteo).</p>
<p>6. • Contaminación atmosférica causada por las operaciones de la refinería:</p> <p>(a) Recipientes de almacenamiento — hidrocarburos (HC)</p> <p>(b) Gas del proceso de la refinería — sulfuro de hidrógeno (<math>H_2S</math>);</p> <p>(c) Regeneradores de catalizadores — partículas, monóxido de carbono (CO);</p> <p>(d) Desfogues del acumulador — HC;</p> <p>(e) Bombas y compresores — HC;</p>	<p>6. • Emplear medidas de control en la fuente para reducir los contaminantes atmosféricos y olores:</p> <p>(a) sistemas de recuperación de vapor, tanques con techos flotantes, tanques presurizados, balance de vapor, pintar los tanques de blanco;</p> <p>(b) absorción de etanolamina, recuperación de azufre;</p> <p>(c) ciclones-precipitadores, combustión in-situ del CO, caldera a CO, ciclones-lavadores de agua, ciclones múltiples, precipitador electrostático, filtro de bolsa;</p> <p>(d) recuperación e incineración de vapor;</p> <p>(e) sellos mecánicos, recuperación de vapor, glándulas selladas por presión de aceite, mantenimiento;</p>

Tabla 10.16 Refinación de Petróleo (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
(f) Chorros de vacío — HC;	(f) incineración de vapor;
(g) Válvulas de los equipos — HC;	(g) inspección y mantenimiento;
(h) Válvulas de alivio — HC;	(h) recuperación e incineración de vapor, discos de ruptura, inspección y mantenimiento;
(i) Eliminación de efluentes — HC;	(i) encerrar los separadores, cubrir las cajas de revisión, utilizar un sello líquido, implementar dichos sellos en los drenajes;
(j) Instalaciones de despacho a granel — HC;	(j) recolección de vapor con recuperación o incineración, carga sumergida o por debajo;
(k) Tratamiento ácido — HC, sulfuros, mercaptanos;	(k) agitadores continuos con mezcla mecánica, reemplazar con unidades de hidrogenación catalítica, incinerar todos los gases desfogados, suspender la quema de lodos;
(l) Almacenamiento y transporte de lodos ácidos — HC;	(l) igual a (k);
(m) Manejo de cáustica gastada — sulfuros, mercaptanos;	(m) Lavado a vapor, neutralización, incineración, sistema de retorno;
(n) Procesos de desulfuración — HC;	(n) lavar a vapor la solución doctor gastada, y recuperar los hidrocarburos antes de efectuar su regeneración en aire, reemplazar la unidad de tratamiento con otra menos ofensiva;
(o) Tratamiento de aguas ácidas — amoníaco (NH <sub>3</sub> );	(o) utilizar oxidantes de agua ácida e incineración de gases, convertirlo a sulfato de amonio;
(p) Eliminación de mercaptano;	(p) convertirlo a disulfuros, agregándolo al material de alimentación del desintegrador catalítico; incinerar, emplear el material para síntesis orgánica;

Tabla 10.16 Refinación de Petróleo (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
(q) Soplado de asfalto — HC;	(q) incinerar, lavar en agua (tipo no recirculante);
(r) Paralizaciones, paros de revisión — HC;	(r) depresurizar y purgar el recuperador de vapor;
(s) Calderas y calentadores — SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , partículas;	(s) sujetar el combustible a hidrodesulfurización, emplear desulfurización para el gas de chimenea;
(t) Unidad de recuperación de azufre (Claus) — SO <sub>2</sub> ;	(t) tratar el gas de desecho; utilizar la unidad de respaldo mientras la unidad principal esté paralizada;
(u) Solventes (hidrocarburos, aminas);	(u) proveer unidades de recuperación de circuito cerrado;
7. Emisiones de ruido.	7. • Encerrar los equipos/procesos que emiten ruido, en estructuras, para reducir el riesgo de que se produzcan emanaciones fugitivas. • Emplear otros procedimientos de disminución de ruido.
8. Derrames accidentales de materias primas, productos, solventes potencialmente peligrosos, químicos, materiales ácidos y alcalinos.	8. • Inspeccionar y mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos para prevenir los derrames casuales. • Proveer alarmas, válvulas de cierre automáticas, contención (diques, represas) de los derrames accidentales, equipos de mitigación de derrames y planes de respuesta de emergencia.
9. El escurrimiento superficial de los componentes, materias primas, medios de procesamiento y áreas de transferencia pueden contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.	9. • Filtración y escurrimiento del agua lluvia: seguir los reglamentos apropiados, para transportar los productos o materias primas; puede ser controlado implementando cubiertas y/o contención para evitar que se contaminen las aguas freáticas y superficiales.  • Las áreas represadas deben ser del tamaño suficiente que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.

**Tabla 10.16 Refinación de Petróleo (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b>	
<p>10. • Los efectos para la salud del trabajador debido al polvo fugitivo, el manejo de los materiales, el ruido, u otras operaciones del proceso.</p> <p>• La frecuencia de accidentes es mayor que lo normal debido al nivel de experiencia de los trabajadores.</p>	<p>10. • La instalación debe implementar un Programa de Seguridad y Salud, diseñado para controlar los riesgos para la seguridad y la salud, con un nivel específico de detalle, que trate los peligros para de los trabajadores, y asegure su protección, incluyendo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• caracterización y análisis del sitio;</li> <li>• control del sitio;</li> <li>• capacitación;</li> <li>• control médico y monitoreo de los registros clínicos;</li> <li>• controles de ingeniería, prácticas de trabajo y equipo de protección personal;</li> <li>• monitoreo;</li> <li>• programas de información;</li> <li>• manejo de la materia prima y productos;</li> <li>• procedimientos de descontaminación;</li> <li>• respuesta de emergencia;</li> <li>• iluminación;</li> <li>• saneamiento en las instalaciones permanentes y temporales.</li> </ul>
<p>11. Se complica el problema de la eliminación de los desechos sólidos en la región debido a la falta de almacenamiento en el sitio.</p>	<p>11. • Planificar áreas adecuadas para eliminarlos en el sitio, luego de verificar si el lixiviador tiene propiedades peligrosas.</p>
<p>12. Se alteran los modelos de tránsito, causando ruido y congestión, y creando serios peligros para los peatones debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima hacia la planta o fuera de ella.</p>	<p>12. • La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas.</p> <p>• Se debe hacer un análisis especial del transporte, durante el estudio de factibilidad del proyecto para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.</p>

Tabla 10.16 Refinación de Petróleo (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Indirectos</b> (continuación)	
13. El potencial para mayor degradación de la tierra y el agua superficial debido al uso del oleoducto para transportar los productos o los materiales nuevos.	• Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes.  13. • La ubicación del oleoducto debe ser tal que reduzca al mínimo los peligros ambientales.  • Desarrollar un programa de vigilancia periódica del oleoducto.

## **PROCESAMIENTO DE PULPA, PAPEL Y MADERA**

1. Esta categoría incluye todos los proyectos de fabricación que tienen que ver con la producción de papel: periódico, kraft, suave o cartón.
2. Se puede dividir la fabricación de pulpa y papel en dos etapas: a) la producción de pulpa con una gran variedad de fibras provenientes de la madera, u otras plantas, o, en un volumen cada vez mayor, del papel reciclado, y b) fabricación de productos de papel. Se utilizan cantidades menores de fibras sintéticas para papeles especiales.
3. La producción de papel puede realizarse conjuntamente con la producción de pulpa (fábricas de papel integradas), o separadamente, en cuyo caso, se compra la pulpa de las fábricas respectivas del país, o se la importa. En los países industrializados, la capacidad de las fabricas de pulpa rara vez es menor de 500 toneladas de pulpa por día. En los países en desarrollo, pueden ser de 50 toneladas por día o más.
4. Los procesos de producción de pulpa son mecánicas, termomecánicas y químico-termomecánicas, o químicas, utilizando el proceso sulfito, kraft o kraft/sulfito. El proceso kraft es el dominante debido a su versatilidad y flexibilidad. Algunas de las plantas más antiguas emplean el proceso sulfito, que predominó hasta 1935, porque en ese tiempo se consideraba que la pulpa de sulfito era más barata y más fácil de producir que la de kraft.
5. En una fábrica de papel integrada, la lechada de pulpa se transporta por tubería directamente a las máquinas de papel. Las fábricas no integradas utilizan pulpa seca, mayormente. Se mezcla la pulpa seca con agua antes de introducirla a la fabrica de papel.
6. La madera es la materia prima fundamental para la producción de pulpa, pero se emplean, además, fibras vegetales como: paja, bagazo, caña brava, papiro, sisal, lino, yute, etc. El papel de desecho es una materia prima cada vez más importante, especialmente para la producción de papel periódico y ciertos papeles de seda, papel de cartas, revistas y cartón. El único tratamiento químico que se requiere, es la eliminación de la tinta, porque la mayoría del papel reciclado se reduce a pulpa mecánicamente.
7. Las fábricas de pulpa, a menudo, se instalan cerca de su fuente de materia prima, a saber, los bosques. Es importante manejar el bosque adecuadamente para asegurar que se tenga un suministro uniforme y sostenido de madera, y, también, porque la explotación de la madera es una de las operaciones más difíciles y peligrosas de la industria de papel.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

8. Las fábricas de pulpa y de papel que fueron construidas antes de 1970, fueron planificadas bajo un clima económico y social muy diferente del actual. El mayor costo de la construcción, las materias primas y la energía, y la conciencia mucho más amplia del medio ambiente, han afectado las filosofías de diseño y operación de la industria de pulpa y papel.
9. Los impactos negativos sobre el medio ambiente (p.ej., la degradación de los bosques naturales y tropicales), como resultado del uso de los recursos ligníferos para alimentar las fábricas, ha causado graves problemas de erosión del suelo, manejo de cuencas hidrográficas y pérdida o degradación del habitat forestal. Al convertir los bosques al monocultivo, las plagas pueden expandirse incontrolablemente. Este método requiere pesticidas y/o herbicidas, los mismos que causan efectos toxicológicos en los organismos beneficiosos. (Para mayores detalles, ver la Tabla 10.17, al final de esta sección.)
10. Asimismo, la explotación de la madera puede causar graves impactos ambientales y de salud. Es una de las ocupaciones más peligrosas y, si no existe adecuada supervisión, puede afectar la fertilidad de la tierra, y promover la erosión del suelo, aumentando la

turbiedad de los ríos, lagos y esteros. Además, pueden haber cambios químicos en el agua, si se permite que los desechos de la madera, la corteza y la basura se descompongan allí.

11. Las fábricas de pulpa y papel emplean grandes cantidades de agua durante el proceso de preparación de la madera mediante la remoción húmeda de la corteza. Si bien, físicamente, es la manera más eficiente para quitar la corteza, disminuir las pérdidas de madera y reducir la cantidad de tierra que trae, el gasto más elevado para controlar las aguas servidas, y el valor calórico más bajo de la corteza húmeda, constituyen las razones principales para cambiar, actualmente, de la remoción húmeda de la corteza, al proceso seco. Los parámetros más importantes que se relacionan con el control de la contaminación durante la remoción húmeda de la corteza son los Sólidos Totales Suspendidos, la Demanda de Oxígeno Bioquímico, el pH, el color, y la toxicidad.

12. Al utilizar las fibras no ligníferas, como paja, caña brava y bagazo, se elimina el problema de la corteza, pero se requiere un pretratamiento de lavado para eliminar la tierra, arena, y la médula del bagazo. Todos los diferentes procesos de reducción a pulpa generan corrientes sustanciales de aguas servidas, que tienen que ser tratadas y tanto como sea posible, recicladas; la mayoría de los procesos producen contaminación atmosférica.

### **Pulpa de Kraft y Soda**

13. Los efluentes del proceso de reducción a pulpa que emplean kraft y soda, consisten en el licor gastado y los condensados contaminados. A menudo, se procesa el condensado para obtener aguarrás, un subproducto valioso; éste tiene que ser tratado antes de descargarlo, empleando separación con aire o vapor. Si bien, la separación con vapor es más costosa, con frecuencia, es más popular que el aire, porque los volúmenes de gas que tienen que ser manejados son mucho más pequeños. Puede ser un grave problema el control de los olores. Los componentes principales del condensado son compuestos tóxicos y reducidos de azufre y metanol. Si se utiliza una operación adicional de blanqueo con cloro, esto puede aumentar la toxicidad del condensado. Al emplear un blanqueo oxidante, en cambio, se reduce la toxicidad y el color del efluente.

14. El "licor negro" que se produce durante el lavado de la pulpa, tiene que ser concentrado mediante evaporación y quemado, posteriormente. Para este proceso, se debe emplear un evaporador a vapor de múltiples etapas. Debido a las importantes emisiones de sulfuro de hidrógeno que se producen, hay que desalentar el uso del método más antiguo de evaporación directa con gases de escape. El azufre se elimina como disulfuro de sodio, y se trata separadamente con soda cáustica, para reciclarlo, principalmente, como bicarbonato de sodio.

15. Las emisiones gaseosas del proceso kraft y soda, consisten en compuestos de azufre, compuestos orgánicos, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Especialmente, los compuestos de azufre pueden causar graves problemas de olores. Hay que recolectar y lavar los gases muy cuidadosamente. La caldera de recuperación o el horno donde se quema el licor gastado pueden ser importantes fuentes de partículas, al igual que el tanque de disolución de 'smelt' y el horno de cal.

### **Pulpa de Sulfito**

16. Los efluentes y emisiones que produce el proceso sulfito de reducción a pulpa, son diferentes de los que produce el proceso kraft. Se evapora el licor gastado y éste se quema en el horno de recuperación; el dióxido de azufre que se produce es absorbido por el sistema de recuperación química. Dependiendo de la solución básica de sulfito que se utilice, se puede recuperar y reciclar el sodio y el magnesio; sin embargo, el calcio y el amoníaco causan problemas. Se oxida el amoníaco en el horno para formar nitrógeno y óxidos del mismo.

17. La contaminación atmosférica que produce el proceso sulfito es algo diferente del sistema kraft. El contaminante principal es dióxido de azufre, y éste requiere que se diseñe

cuidadosamente el sistema de preparación del ácido y el alivio del gas de digestión, a fin de evitar la contaminación atmosférica.

### **Pulpa Mecánica y Termomecánica**

18. Los procesos de pulpa mecánica y termomecánica utilizan madera blanda, principalmente. Son los procesos más simples para producir pulpa de madera, y la cantidad total de desechos es mucho menor que la de los procesos químicos. La reducción mecánica convierte el 90 o 95 por ciento de la madera en pulpa, comparado con aproximadamente el 50 por ciento para el proceso kraft. La contaminación atmosférica es mínima y la contaminación hídrica depende principalmente del tipo de madera que se utiliza; consiste en carbohidratos, lignina, extractos, ácido acético, ácido fórmico, metanol y ceniza. La toxicidad y la Demanda de Oxígeno Bioquímico se originan de los sólidos solubles en agua, como ciertos carbohidratos, extractos y soluciones inorgánicas que provienen del contenido de las celdas y del proceso de putrefacción.

### **Fabricación de Papel**

19. La fabricación de papel requiere grandes cantidades de agua, la mayor parte de la cual puede ser reciclada después de tratarla. Las características de los efluentes varían de una fábrica a otra, dependiendo del grado de reciclaje del agua, el tipo de papel que se produce, el tamaño de la fábrica, y la materia prima que se emplea. Los contaminantes podrán ser sólidos suspendidos y sustancias disueltas, provenientes de las fibras de la madera y los aditivos empleados en la producción del papel.

## **Temas Especiales**

### **Contaminación Atmosférica**

20. Los principales problemas de contaminación atmosférica que tienen las plantas de pulpa se relacionan con los compuestos malolientes de azufre, cuyos niveles de umbral para detección son extremadamente bajos (1 y 10 partes por billón [ppb]). Estos gases se producen principalmente en las plantas del proceso kraft, y emanan de los siguientes equipos: válvulas de alivio y de seguridad del digestor, campana de lavado al vacío y desfogues del tanque sellado, respiraderos calientes del evaporador de múltiples etapas, ductos del horno de recuperación, tanques de disolución de 'smelt', desfogues del apagador o del tanque de oxidación del licor negro, y dispositivos de tratamiento de las aguas servidas. Para prevenir el escape de los gases azufrados, el diseño debe recolectar todos los gases producidos, incluyendo las fugas casuales; asimismo, debe haber un sistema de incineración adecuado y lavado de gases de escape.

21. Otra preocupación que se presenta durante el diseño de la planta se relacionan con las emisiones de cloro provenientes de los desfogues de los tanques, filtros de lavado, y alcantarillas, que ocurren durante las operaciones de blanqueo de la pulpa.

### **Sistemas de Efluentes**

22. Aquí, los principales problemas se relacionan con la alta Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico del agua que se descarga de la planta y el efluente del licor negro. Todas las plantas de pulpa (químicas y mecánicas) requieren que las aguas del proceso y lavado se traten adecuadamente para bajar los valores de la Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico, antes de verterlas a las aguas de recepción. Los sulfuros o sulfitos que contiene el efluente tienen que ser oxidados a sales de sulfato, y el color debe ser reducido a un nivel aceptable. Se puede reducir con anticipación el nivel de los sólidos totales suspendidos mediante coagulación, floculación, sedimentación y, de ser necesario, filtración.

## **Desechos Sólidos**

23. La preparación de la madera para uso en una planta de pulpa genera una gran cantidad de desechos sólidos: la extracción de la madera, incluyendo la tala de los árboles, y remoción de las ramas, corteza, tierra, arena o piedras. El diseño del proyecto debe incluir la eliminación adecuada de estos desechos. Las otras fuentes de desperdicios sólidos incluyen el material rechazado por la malla y el recausticador, lodos de las aguas servidas, papel defectuoso y basura. Asimismo, la ceniza de la caldera puede constituir hasta la cuarta parte de todos los desechos sólidos. Donde sea posible, se deben quemar los desechos sólidos y recuperar el calor residual. A menudo, los desperdicios sólidos deben ser desecados antes de quemarlos.

24. Con frecuencia en la práctica, la fábrica de pulpa funciona junto a un aserradero. Se pueden utilizar los desechos ligníferos adicionales, producidos por el aserradero, para calentar las calderas, y el aserrín y astillas de madera pueden servir para hacer aglomerado y hojas prensadas.

25. Aproximadamente el 75 por ciento de los desechos sólidos son orgánicos; si no se queman, tienen que ser eliminados adecuadamente para no sobrecargar el medio ambiente. Como los desechos tóxicos y peligrosos que se vierten al relleno pueden degradar los recursos de agua freática, se debe planificar su eliminación correcta desde el inicio. Puede ser necesario revestir el depósito y monitorear, permanentemente, la calidad del lixiviador (Para mayor información sobre los "Sistemas de Recolección y Eliminación de Desechos Sólidos," ver el Capítulo 9).

26. Está aumentando el interés, en los países en desarrollo, en el uso de las fibras no ligníferas en la industria de pulpa y papel. Se están estableciendo fábricas pequeñas que utilizan principalmente la paja de arroz y trigo, cáñamo, bagazo, caña brava y yute, entre otros materiales. Desde el punto de vista del medio ambiente, la diferencia más importante entre las materias primas ligníferas y no ligníferas, es el alto contenido de ceniza que contienen las últimas; esto puede crear mayores problemas para la eliminación de los desechos sólidos.

## **Reducción de los Desechos**

27. La producción de pulpa y papel emplea grandes cantidades de agua de lavado y para atenuar la contaminación. A fin de reducir la demanda de agua de afuera, la fábrica de pulpa y papel debe tratar las aguas servidas, y si su calidad lo permite, reciclarlas en el proceso. Para facilitar el reciclaje, se deben mantener separadas las corrientes altamente contaminadas, y no mezclarlas con las que tienen un menor concentración de contaminantes.

28. Se debe reducir al mínimo la eliminación de desechos sólidos. Pueden ser utilizados en la fábrica como combustibles para producir vapor, aunque esto puede requerir el uso de ciclones y equipos para lavar los gases.

## **Alternativas del Proyecto**

### **Selección del Sitio**

29. Los temas generales que requieren consideración en la selección de sitios para las plantas industriales se analizan en la sección: "Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales." La naturaleza de la producción de pulpa y papel requiere que se dé especial atención al suministro de las materia prima; por eso, debe haber una fuente segura de madera cerca de la planta. Hay que identificar los bosques donde se obtendrá la madera y considerar los impactos ambientales durante la etapa de diseño.

30. Otro factor crítico relacionado con la selección del sitio se refiere a la ubicación de las ciudades y poblaciones cercanas. Dependiendo de la dirección de los vientos predominantes, se debe situar la fábrica de papel a favor del viento de las ciudades y poblaciones. Son inapropiadas las aguas de recepción cuya calidad o capacidad sea insuficiente, aún para aceptar los efluentes bien tratados.

31. En algunos países en desarrollo, la agroindustria ha fomentado cooperación entre los agricultores y la industria de pulpa y papel, de tal modo que se siembran y se mantienen los árboles, y al mismo tiempo se producen cultivos en las áreas de terreno que han sido desbrozadas. Algunos de estos países esperan obtener, cada año, hasta el 40 por ciento de su madera de pulpa de estos arreglos de "agroforestación"; esto afectará la selección del sitio.

32. Finalmente, el manejo de las cuencas hidrográficas puede tener un efecto importante en la selección del sitio. Las políticas del Banco con respecto a la explotación forestal y manejo de cuencas hidrográficas se presentan en las secciones: "Manejo de Bosques Naturales" y "Desarrollo de Cuencas Hidrográficas", del Capítulo 8.

### **Procesos de Fabricación**

33. Existen varias alternativas para fabricar pulpa para papel, pero éstas se reducen, cuando es necesario producir ciertos tipos y calidades específicos de papel. Cada proceso se desarrolla de tal manera que cumpla con los criterios específicos de desempeño y apariencia, así como los objetivos económicos. La implementación de cualquiera de los procesos significa desechos para el medio ambiente; sin embargo, el proceso varía según la calidad y cantidad de los contaminantes atmosféricos, efluentes y desechos sólidos que se producen. Durante la etapa de diseño, las características del producto final, limitaciones tecnológicas y objetivos ambientales definen las alternativas viables que han de ser consideradas. Por ejemplo, si la calidad que se requiere es la de papel periódico, entonces, dependiendo del tipo de madera que esté disponible, puede ser suficiente el proceso de pulpa mecánica, y el impacto sobre el medio ambiente será menor. Otra opción puede ser el reciclaje de periódicos y otros tipos de papel.

34. Se han inventado nuevos procesos para reducir los desperdicios, y algunos ya están en operación. Uno de estos es la producción de pulpa a oxígeno, un proceso en el que no se utiliza ningún compuesto de azufre, y no hace falta clorinación para blanquear la pulpa. Si bien, la calidad del papel todavía no se iguala a la del proceso kraft, la investigación adicional puede eliminar esta desventaja. Otro desarrollo es el método Ranson, que es un proceso kraft que emplea un sistema cerrado.

35. Durante la fase del diseño, se debe analizar el uso de subproductos de otras industrias, por ejemplo, astillas de madera para hacer aglomerado, desperdicios de la madera para fabricar hojas laminadas, desechos sólidos no peligrosos para los productos agrícolas, etc. En este respecto, puede ser muy eficiente segregar los desechos en la fuente, para facilitar el funcionamiento de los sistemas de reutilización de desperdicios. Hay que separar los siguientes tipos de desechos: lodos fibrosos, lodos químicos inorgánicos, corteza, desechos de madera, ceniza, aceite, químicos peligrosos, chatarra, y lodos biológicos. Es especialmente importante separar de los desperdicios bultosos, los desechos que contienen químicos peligrosos.

### **Control de la Contaminación Atmosférica**

36. Dependiendo del proceso y su ubicación, uno o más de los siguientes métodos pueden ser necesario para lograr un nivel de emisiones atmosféricas que sea aceptable:

- precipitadores electrostáticos;
- lavadores;
- ciclones;
- eliminador de neblina, de malla de alambre;

- filtros;
- incineración;
- separación a aire o vapor;
- oxidación de fase líquida;
- absorción.

### **Control de la Calidad del Agua**

37. Las opciones para el tratamiento de las aguas servidas y de enjuague incluyen las siguientes:

- tratar y reutilizar el agua
- secar los lodos
- evaporación
- sedimentación, floculación y filtración
- neutralizar las aguas servidas ácidas o alcalinas;
- uso agrícola
- desnitrificación

### **Administración y Capacitación**

38. Los impactos negativos potenciales sobre la calidad del aire y el agua de los procesos kraft, soda y sulfito, requieren apoyo institucional para asegurar el manejo eficiente del control de la contaminación. Entre el personal de planta debe haber un ingeniero capacitado en tecnologías de control de la contaminación del aire y agua, y monitoreo. A menudo, y a solicitud, los fabricantes proveerán la capacitación necesaria en cuanto a la operación y mantenimiento de los equipos. Se deben establecer los procedimientos normales de operación y mantenimiento de la planta, para que sean implementados por la gerencia. Estos deben incluir la operación de los equipos que controlan la contaminación, requerimientos en cuanto al monitoreo de la calidad del aire y el agua, y directrices con respecto a la notificación de las autoridades competentes y paralización de la planta u otras respuestas en el caso de falla de los equipos de control de la contaminación.

39. Se deben establecer e implementar normas de salud y seguridad para la planta. Deben incluir las siguientes:

- Provisiones para prevenir y responder a las fugas casuales de químicos peligrosos (como cloro, amoníaco, sulfuro de hidrógeno), y derrames de soluciones y corrientes de desechos que contengan químicos peligrosos (ácido sulfúrico, sulfitos, hipocloritos, peróxidos);
- Procedimientos y monitoreo para mantener el nivel de exposición en los vapores y gases, a cualquiera de estos químicos, más bajo que los límites establecidos por el Banco Mundial;
- Un programa de exámenes médicos rutinarios;
- Capacitación permanente sobre la salud y la seguridad en la planta, y buenas prácticas de limpieza ambiental; (Para mayores detalles y análisis, ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales" y Occupational Health and Safety Guidelines del Banco Mundial.)

40. Se deben fijar normas para las emisiones y efluentes de la planta, en base a los reglamentos nacionales, si existen; caso contrario, deben fundamentarse en los lineamientos del Banco Mundial. Las agencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de monitorear e implementar las normas, deben disponer de la autoridad y capacidad que se requieren para hacerlo. La evaluación ambiental debe incluir una

valorización de la capacidad nacional y local, y recomendar la incorporación, en el proyecto, de los elementos adecuados de asistencia técnica.

### **Monitoreo**

41. Hay que implementar planes de monitoreo para la planta y el sitio. En general, sin embargo, las plantas de pulpa y papel deben monitorear los siguientes aspectos:

- opacidad del gas de la chimenea;
- emisiones de partículas, cloro, amoníaco (si va a ser utilizado), dióxido de azufre, compuestos orgánicos de azufre, (sulfuro dimetílico, disulfuro dimetílico), dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno;
- calidad del aire del lugar de trabajo con respecto a las mismas sustancias químicas;
- calidad del aire ambiental alrededor de las plantas, según los contaminantes y olores pertinentes;
- parámetros del proceso que comprueban la operación de los equipos de control de la contaminación atmosférica;
- calidad de las corrientes de desechos, según el pH, sólidos totales suspendidos, sulfuros, amoníaco, Demanda de Oxígeno Bioquímico y Químico;
- las aguas de recepción, río abajo, y las descargas permitidas de aguas lluvias, según su contenido de oxígeno disuelto y los contaminantes correspondientes, que incluyen las partículas y el pH;
- las áreas de trabajo de todas las plantas, a fin de controlar los niveles de ruido;
- las áreas de acopio de desechos sólidos, para detectar la presencia de contaminantes en el escurrimiento, infiltración y lixiviador (el depósito debe ser forrado);
- inspección para verificar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad y de control de la contaminación;

42. El plan de manejo forestal debe especificar el monitoreo de las prácticas de explotación forestal, para asegurar que se cumplan los reglamentos ambientales. (Para mayor información sobre "Explotación Forestal", ver el Capítulo 8.)

**Tabla 10.17 Procesamiento de Pulpa, Papel y Madera**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Selección del Sitio</b>	
1. Ubicación de la planta en o cerca de los habitats frágiles: mangles, esteros, humedales y arrecifes de coral.	1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la planta en una área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes.</li> <li>• Integrar la participación de las agencias de recursos naturales en el proceso de la selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas.</li> </ul>
2. Ubicación cerca de los ríos, causando su eventual degradación.	2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de la selección del sitio debe examinar las alternativas que reduzcan los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua.</li> <li>• Las plantas que producen descargas líquidas no deben ubicarse sino en los ríos que tengan la capacidad adecuada para absorber los desechos de los efluentes tratados.</li> </ul>
3. La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	3. Ubicar la planta en una zona que no esté sujeta a inversiones, ni atrapamiento de contaminantes, y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
<b>Directos: Operación de la Planta</b>	
4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El manejo forestal es inadecuado o no existe, el resultado es la erosión del suelo y reducción de los biotipos.</li> <li>• Se aplican los pesticidas en forma incontrolable, causando efectos toxicológicos en los organismos beneficiosos y cambios indeseables en los ecosistemas forestales.</li> </ul>	4. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante la fase de diseño del proyecto, preparar un plan de manejo forestal basado en un estudio del impacto ambiental.</li> <li>• No escoger como fuente de madera, las reservas de bosques primarios (para mayores detalles, ver las secciones: "Manejo de Bosques Naturales" y "Bosques Tropicales").</li> </ul>

177

Tabla 10.17 Procesamiento de Pulpa, Papel y Madera (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
<p>5. • Liberación de desechos gaseosos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de azufre.</li> <li>• Compuestos de azufre total reducido (ATR).</li> <li>• Partículas.</li> <li>• Compuestos orgánicos tóxicos (p.ej., cloro, sulfuro de hidrógeno).</li> </ul>	<p>5. • <u>Dióxido de Azufre</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlarlo mediante las operaciones adecuadas, p.ej., el horno de recuperación de licor.</li> <li>• Seleccionar los combustibles auxiliares apropiados.</li> <li>• Desulfurizar el combustible, lavar el gas de escape, y modificar el proceso.</li> </ul>
	<p><u>Compuestos de Azufre Reducidos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colectarlos con múltiples, lavarlos con una solución alcalina, luego quemarlos.</li> </ul>
	<p><u>Partículas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Removerlas con los evaporadores-lavadores, ciclones o precipitadores electrostáticos.</li> </ul>
	<p><u>Toxinas Atmosféricas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir/controlar las fugas mediante el diseño del proceso.</li> </ul>
<p>6. • Descarga de desechos líquidos en las extensiones de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los contaminantes convencionales están causando los siguientes impactos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• cambios en el pH y la toxicidad;</li> <li>• sólidos disueltos y suspendidos;</li> <li>• eutroficación;</li> <li>• espuma y telilla;</li> </ul> </li> </ul>	<p>6. • Medidas de operación y limpieza de la planta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavar la pulpa, recuperar los químicos y fibras, tratar y reutilizar las corrientes seleccionadas de desechos, recolectar los derrames, y prevenir las descargas accidentales de los tanques de acopio.</li> <li>• Monitorear las alcantarillas, canales de drenaje, y descargas, para asegurar que se tenga una advertencia oportuna en el caso de que ocurran derrames.</li> </ul>

Tabla 10.17 Procesamiento de Pulpa, Papel y Madera (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• crecimiento de légamo;</li> <li>• efectos térmicos;</li> <li>• cambios de sabor, color y olor;</li> <li>• contaminación de la carne de pescado;</li> <li>• presencia de toxinas como triclorofenol, pentaclorofenol y cinc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equilibrar la carga sobre las instalaciones de tratamiento utilizando recipientes de almacenamiento y otras medidas.</li> <li>• Reciclar el agua que se emplea para remover la corteza.</li> </ul>
<p>7. • Eliminación de los desechos sólidos en la tierra;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lixiviación subterránea, contaminando del agua freática y superficial.</li> <li>• Destrucción de las áreas ecológicamente frágiles, como pantanos y otros humedales.</li> <li>• Proliferación de roedores, animales que se alimentan de la carroña, e insectos perjudiciales para la salud humana.</li> <li>• incendios, peligros para la salud y condiciones desagradables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento externo de los efluentes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primario — recipientes de sedimentación, clarificadores por gravedad y flotación con aire disuelto.</li> <li>• Secundario — piscinas de oxidación, filtración por goteo, laguna aireada, lodo activado, riego, recipiente de sedimentación (para eliminar los lodos biológicos) y clarificador secundario.</li> <li>• Controlar las toxinas empleando químicos menos nocivos, o no tóxicos.</li> </ul> </li> </ul>
8. Incineración de los lodos.	<p>7. Reducirlos y segregarlos en la fuente, utilizar los subproductos, implementar la planificación y manejo adecuado de los depósitos de desechos, utilizando forros con sistemas de recolección del agua de escurrimiento y el lixiviador (Ver la sección: "Recolección de Desechos Sólidos y Sistemas de Eliminación").</p> <p>8. • Secarlos mediante filtración al vacío y utilizar acondicionamiento químico para preparar los lodos para incineración.</p>

**Tabla 10.17 Procesamiento de Pulpa, Papel y Madera (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos: Operación de la Planta</b> (continuación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineradores:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• desechos solamente;</li> <li>• quemar en el hervidor de la corteza;</li> <li>• quemar en la caldera de energía eléctrica;</li> </ul> </li> </ul>
<b>Indirectos</b>	
<p>9. • Efectos para la salud de los trabajadores debido a los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operaciones especiales de la fabrica de pulpa, tales como la preparación de los troncos (astillamiento y molienda).</li> <li>• Manejo y almacenamiento de la madera de pulpa, astillas, y otras materias primas.</li> <li>• Procesos químicos empleados para fabricar la pulpa, blanquearla, y preparar la materia prima.</li> <li>• El manejo de los licores gastados y operaciones de la sala de máquinas, incluye polvo, humos y gases; el uso de los equipos especiales: desfibradoras, cizallas, cortadores, equipos móviles pesados, etc.</li> </ul>	<p>9. • La instalación debe implementar un Programa de Seguridad y Salud diseñado para cumplir lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificar, evaluar, monitorear y controlar los peligros para los empleados;</li> <li>• diseñar procedimientos de operación seguros;</li> <li>• dar capacitación en las prácticas de seguridad y manejo de emergencias;</li> </ul>
<p>10. Se alteran los modelos de tránsito, creando ruido y congestión, causando serios peligros para los peatones debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima, combustible y productos finales hacia la planta o fuera de ella;</p>	<p>10. • La selección del sitio puede atenuar algunos de estos problemas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe hacer un análisis del transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos;</li> <li>• Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes;</li> </ul>

## **EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE MINERALES**

1. Los proyectos de este sector se relacionan con la extracción, transporte y procesamiento de minerales y materiales de construcción. Estas actividades incluyen:

- operaciones en la superficie y subterráneas, para la producción de minerales metálicos, no metálicos e industriales, materiales de construcción y fertilizantes;
- extracción in situ de los minerales fundibles o solubles (notablemente, azufre y más recientemente, cobre), dragado y extracción hidráulica, junto a los ríos y aguas costaneras, lixiviación de las pilas de desechos en las minas (principalmente oro y cobre).

2. Para transportar los materiales dentro del área de la mina y a la planta de procesamiento, se requieren flotas de equipos de extracción y transporte (camiones, cuchillas, palas, dragas, ruedas de cangilones y rasadoras), bandas, poliductos o rieles. Las instalaciones de procesamiento en el sitio incluyen las plantas de preparación y lavado de carbón y materiales de construcción, plantas de preparación, concentradores, lixiviación en el sitio de la mina y, dependiendo de los aspectos económicos, fundiciones y refineras en o fuera del sitio. Una operación grande de extracción y/o fabricación es un complejo industrial importante, con miles de trabajadores; requiere infraestructura de servicios públicos, un campo de aviación, carreteras, un ferrocarril, un puerto (si es pertinente), y todas las instalaciones comunitarias correspondientes.

### **Impactos Ambientales Potenciales**

3. Todos los métodos de extracción minera producen algún grado de alteración de la superficie y los estratos subyacentes, así como los acuíferos. Los impactos de la exploración y predesarrollo, usualmente, son de corta duración e incluyen:

- alteración superficial causada por los caminos de acceso, hoyos y fosas de prueba, y preparación del sitio;
- polvo atmosférico proveniente del tráfico, perforación, excavación, y desbroce del sitio;
- ruido y emisiones de la operación de los equipos a diesel;
- alteración del suelo y la vegetación, ríos, drenajes, humedales, recursos culturales o históricos, y acuíferos de agua freática; y
- conflictos con los otros usos de la tierra.

4. Tanto la extracción superficial, como la subterránea, incluyen los siguientes aspectos: drenaje del área de la mina y descarga del agua de la misma; remoción y almacenamiento/eliminación de grandes volúmenes de desechos; y traslado y procesamiento de los minerales o materiales de construcción. Este removimiento requiere el uso de equipos de extracción y transporte a diesel o eléctricos, y una numerosa y calificada fuerza laboral. Se requerirán amplios servicios de apoyo, p.ej., un complejo de transporte, oficinas y talleres (parte de estos funcionarán bajo tierra en las minas subterráneas) y servicios públicos. El transporte del mineral dentro del área de la mina y hacia las instalaciones de procesamiento puede utilizar camiones, transportadores, el ferrocarril, poliducto o banda de transporte, y generalmente, incluirá instalaciones de almacenamiento a granel, mezcla y carga.

5. Las **minas superficiales** incluyen las canteras, fosas abiertas, minas a cielo abierto y de contorno, y removimiento de la cima de una montaña, que puede ser de pocas hectáreas, o varios kilómetros cuadrados. Estas operaciones implican la alteración total del área del proyecto, y producen grande(s) fosa(s) y cantera(s) abierta(s) y enormes pilas de sobrecapa; sin embargo, es posible, a menudo, rellenar las áreas explotadas durante y después de la

operación. Las preocupaciones ambientales de la extracción superficial incluyen las partículas atmosféricas provenientes del tráfico vehicular, voladura, excavación y transporte; las emisiones, ruido, y vibraciones de los equipos a diesel y la voladura; las descargas de agua contaminada de la mina; interrupción de los acuíferos de agua freática; remoción del suelo y la vegetación; y los efectos visuales. Se excluyen los otros usos de la tierra en el sitio durante las actividades de extracción y reclamación. La estabilidad del talud o antepecho constituye una preocupación importante durante este proceso. La buena práctica de extracción requiere vigilancia constante para detectar cualquier movimiento del frente del antepecho que podría señalar la falla inminente del talud.

6. Los métodos de **extracción subterránea** incluyen el trabajo de anchurón y pilar, grada al revés, socavación y derrumbe, y frente corrido. Esto trae consigo la formación de grandes vacíos debajo de la superficie de la tierra y montones de piedra de desecho sobre la misma; en muchos casos, sin embargo, se rellenan porciones de los espacios subterráneos durante la extracción. La mayor parte de la excavación ocurre debajo de la tierra y requiere el uso de equipos de voladura, sin embargo, se realizan operaciones en la superficie también. Los posibles impactos de la extracción subterránea incluyen el retiro del suelo y la vegetación, creación de polvo, emisiones de los equipos a diesel que trabajan en la superficie, ruido, vibraciones causadas por la voladura, gases desfogados (voladura, operaciones a diesel, radon), descargas de agua contaminada de la mina (nitratos, metales pesados, ácido, etc.), alteración de los acuíferos de agua freática, fracturas, inestabilidad o hundimiento de la tierra y obstáculos visuales.

7. La **extracción hidráulica o a draga** se realiza, usualmente, con los materiales aluviales que se encuentran junto a los lechos y orillas de los ríos modernos y antiguos, y en las áreas costaneras o los humedales. La excavación y procesamiento se efectúan con dragas flotantes a diesel (de cangilones y escaleras, de succión, o de rueda de cangilones), con las bombas y equipos de procesamiento de primera etapa a bordo; con dragas a diesel instaladas en la orilla, transportadores, planta de procesamiento o monitores hidráulicos (p.ej., poderosos chorros de agua que lavan el material de la orilla); o con esclusas que recolectan y dirigen el escurrimiento, y equipos de separación. Estas operaciones alteran, totalmente, los estratos extractados y modifican la topografía local.

8. Durante el dragado, el material extraído se levanta del fondo mediante succión y/o excavadores mecánicos y luego se procesa; los desechos se vierten al agua o al suelo. Se barre el fondo sistemáticamente, durante la extracción con la draga; ésta se desplaza por el río o la orilla del mar; se profundizan o se modifican los canales del río, además, se ahondan los humedales y las áreas costaneras, dejando grandes montones de desechos. En las operaciones de arena y ripio, el material recuperado puede ser llevado a la orilla por poliducto, transportador o barcaza. Usualmente, se concentran los minerales a bordo (mecánica o químicamente, o mediante amalgamación) y se envían los productos de esta concentración o amalgama a la orilla para mejoramiento o procesamiento. El mercurio, que es el agente de amalgamación para el oro y la plata, provoca problemas ambientales muy especiales, y deberá ser manejado como corresponde. En la explotación de placeres, puede haber intensiva extracción de los antiguos bancos fluviales, muy arriba del nivel actual de lecho del río.

9. La **lixiviación *in situ*** necesita una amplia red superficial de hoyos, muy cerca el uno al otro, y poliductos y bombas para recircular el lixiviador por el cuerpo mineral (y luego de la extracción del mineral, se bombea una solución de lavado o neutralización). Los problemas operativos incluyen la pérdida de control del lixiviador, problemas con la tubería, derrames, fugas, e insuficiencia del lavado o neutralización. Los impactos incluyen la alteración del suelo, vegetación, recursos culturales e históricos, degradación de la calidad del aire debido a las partículas y las emisiones de los equipos a diesel, contaminación de las aguas freáticas con el lixiviador, y de las aguas superficiales con los derrames, y el ruido de las operaciones (taladros, tráfico, bombas). La **lixiviación *in situ*** necesita una amplia red local de transporte, ya pequeña y calificada fuerza laboral, equipos (taladros, camiones, grúas, generadores a diesel, bombas eléctricas), agua, fuente de energía eléctrica,

instalaciones de apoyo (oficina, taller, almacenamiento y vivienda), campo de aviación, y caminos de acceso.

10. La **lixiviación de las pilas de desechos** puede involucrar la extracción de pilas de desperdicios y minas antiguas, o recuperación secundaria de una operación permanente, o, lo que es muy común, actualmente, en los depósitos de oro diseminados y pobres, lixiviación del material recién extraído en grandes montones, sea en la superficie, o en las fosas antiguas. Usualmente, se prepara la superficie de la tierra o el fondo de la fosa, colocando forros y ripio; se instalan tuberías y se amontona el material mineral encima (el mineral proviene, usualmente, de las minas superficiales [ver el párrafo 5]). El lixivador (principalmente ácido sulfúrico para cobre y sodio, y cianuro para oro) se rocía o se vierte encima de las pilas, y luego se recoge para recuperar los metales. Después del proceso de lixiviación, se lava el montón, permitiendo que el líquido se filtre y extraiga el metal, y/o neutralice la pila antes de desecharla.

11. Los problemas operativos incluyen la falta de estabilidad de la pila, control del lixivador, erosión eólica e hídrica, fugas/filtración hacia el agua superficial y freática, problemas con la tubería, y lavado, neutralización y/o reclamación incompleto. Aparte de los efectos de la extracción superficial, los impactos incluyen la degradación de la calidad del aire debido a las partículas que el viento lleva de las pilas de lixiviación; sedimentación de los ríos locales con los materiales de la pila de lixiviación; contaminación del agua superficial por las fugas y derrames; deterioro del agua freática debido a la rotura del forro; pérdida de la fauna y animales domésticos en las piscinas de lixiviación; y el ruido de las bombas.

12. Los equipos de procesamiento incluyen las plantas de preparación y lavado, de separación/concentración (separación por gravedad, lixiviación, amalgamación, intercambio iónico, flotación, etc.), refinерías y fundiciones. Las instalaciones de procesamiento de los minerales producen grandes cantidades de desechos (relaves, lama, escoria) que deberán ser eliminados en el sitio o cerca del mismo; a veces estos materiales pueden ser devueltos a las áreas donde la extracción ha terminado.

13. Las preocupaciones ambientales incluyen la alteración del suelo, vegetación y ríos locales durante la preparación del sitio; contaminación atmosférica proveniente de la separación, concentración y procesamiento (polvo fugitivo y emisiones de la chimenea); ruido del transporte, transferencia, trituración y molienda del mineral; contaminación de las aguas superficiales por los derrames de los molinos y plantas de lavado; contaminación de las aguas freáticas debido a las fugas de las pilas de relaves y piscinas de lama; contaminación de los suelos, vegetación y aguas superficiales locales debido a la erosión eólica e hídrica de las pilas de desechos; eliminación de los desechos; impactos visuales; y conflictos en cuanto al uso de la tierra.

14. A menudo, las plantas de procesamiento de las regiones montañosas tienen dificultades para encontrar las áreas adecuadas para represar los relaves del concentrador, y, por consiguiente, descargan estos finos inertes a los ríos torrentosos. Aguas abajo, se asientan estos materiales en las curvas del río, canales anchos, planicies de inundación y aguas costaneras de poca profundidad. Los finos perjudican a los organismos acuáticos, y pueden causar represamiento e inundaciones en las comunidades que se encuentran aguas abajo. (Para mayores detalles, ver la Tabla 10.18, al final de esta sección.)

## **Temas de los Recursos Naturales**

### **Agua**

15. Los hoyos mal sellados, o que no tengan el entubado adecuado, pueden permitir intercambio y contaminación entre los acuíferos. Si no es neutralizada o tratada adecuadamente, el efluente del proceso de eliminación de agua de las minas superficiales o

subterráneas, puede ser muy ácido, y contaminará las aguas superficiales locales y las aguas freáticas de poca profundidad, con nitratos, metales pesados o aceite de los equipos, reduciendo las existencias locales de agua, o causando erosión en los ríos y canales. El removimiento de los estratos de piedra puede interrumpir la continuidad del acuífero local, y producir interconexiones y contaminación entre las aguas subterráneas; el material de relleno puede alterar las características hidráulicas y calidad del agua. El dragado y la extracción de placeres, degradan la calidad del agua superficial, al aumentar su volumen de sólidos suspendidos, considerablemente, reducir la transmisión de luz, y recircular cualquier contaminante que se encuentra en los sedimentos del fondo. La extracción *in situ* puede contaminar el acuífero si se pierde control del lixiviador o se deja de neutralizar adecuadamente la región lixiviada al finalizar las operaciones.

16. Se pueden degradar las aguas superficiales locales si se descargan incorrectamente las aguas de proceso contaminadas, o si se produce filtración o fugas en las piscinas o poliductos de relaves, o si los solventes, lubricantes y químicos del proceso se derraman o se eliminan inadecuadamente.

### **Aire**

17. Las partículas atmosféricas provienen de la voladura, excavación y movimiento de tierras, transporte, transferencia de materiales, erosión eólica de la tierra floja durante la extracción superficial, o cualquier operación que ocurre en la superficie de las minas subterráneas. Los nitratos emitidos por la voladura y los productos de la combustión que producen los equipos a diesel, pueden estar presentes en las minas, tanto superficiales, como subterráneas. Puede haber una concentración de radon en los respiraderos de las minas subterráneas. En las operaciones de dragado e *in situ*, estarán presentes los productos de combustión de los equipos a diesel. Durante el procesamiento, las partículas atmosféricas serán producidas por el transporte, reducción (tamizado, trituración o pulverización), tráfico vehicular, erosión eólica de las áreas secas de la piscina de relaves, caminos y pilas de materiales.

### **Tierra**

18. Durante el proceso de extracción superficial, el removimiento y almacenamiento de la sobrecapa, y la construcción de las instalaciones auxiliares, significa la eliminación o cubierta de los suelos o vegetación, alteración o represamiento los ríos, drenajes, humedales o áreas costaneras, y modificación profunda de la topografía de toda el área de la mina. Durante el dragado o extracción de placeres, se concentran estos efectos en las áreas hídricas: se desvían los canales de los ríos, se crean lagunas residuales, y se eliminan las playas; se utilizan las orillas para depositar los desechos y construir las instalaciones auxiliares.

19. La extracción subterránea requiere terreno para la eliminación de los desechos de piedra, almacenamiento de los minerales y materiales pobres, y la construcción de las instalaciones auxiliares, cuyos efectos serán similares a los que se enumeraron, anteriormente, en el caso de la extracción superficial. La tierra en la superficie de las minas será inestable, y se producirá fracturación y hundimiento. La extracción puede causar la pérdida o modificación de los suelos, vegetación, habitat de la fauna, ríos, humedales, recursos culturales e históricos, hitos topográficos, pérdida temporal o permanente de la productividad de la tierra, y contaminación de los suelos debido a los materiales minerales y sustancias tóxicas.

## **Temas Socioculturales**

### **Uso de la Tierra**

20. La exploración minera constituye un uso intensivo y local de la tierra que es de corta duración; puede haber cierto grado de conflicto con los usos existentes no mineros. En las áreas remotas, se pueden atender a estas actividades desde el aire, obviando la necesidad de construir caminos de acceso y sufrir esa intrusión. Las minas superficiales, plantas de procesamiento, lixiviación de las pilas de desechos, operaciones *in situ*, y las actividades de superficie de las minas subterráneas, ocupan totalmente los sitios y excluyen los otros usos. En el caso de las minas subterráneas, el uso de la superficie encima de éstas depende de la magnitud del riesgo de hundimiento (que puede ser insignificante o seguro), y de la geología, profundidad del mineral y método de extracción. La posibilidad de utilizar la tierra después de que se terminen los trabajos de extracción dependerá del tipo, grado y éxito de la reclamación.

21. Los nuevos caminos de acceso, servicios públicos y ciudad(es) no sólo animan la afluencia de pobladores y el desarrollo secundario, relacionado o no a las actividades mineras, sino que pueden, también, estimular el desarrollo espontáneo y modificación o degradación de las áreas remotas; esto puede continuar después de la terminación del proyecto minero.

### **Recursos Culturales**

22. La alteración de la superficie a causa de las operaciones de extracción y construcción, puede degradar o destruir los recursos culturales, lugares históricos y sitios religiosos indígenas. La mayor presencia humana en el área puede conducir al vandalismo de los sitios no protegidos.

### **Gente**

23. Las actividades de exploración y extracción interferirán, en cierto grado, con las otras actividades que pueden existir, o estar planificadas en el área; por ejemplo, las vibraciones de la operación de los equipos y la voladura, así como el ruido y el polvo, causan serias molestias y problemas de salud en los trabajadores y residentes cercanos. La llegada de los trabajadores y sus familias puede sobrecargar los servicios comunitarios y causar la "bonanza y quiebra" y conflictos económicos, sociales o culturales, o aún desplazar la población local. Usualmente, el equipo inicial de construcción es transitoria y pronto se lo reemplaza el personal de operaciones, que es permanente y menos numeroso. (Ver la sección: "Desarrollo Inducido", en el Capítulo 3.)

## **Temas Especiales**

### **Reclamación**

24. Puede no ser factible reclamar el sitio para otros usos al finalizar las actividades de extracción. Los problemas residuales de la extracción superficial pueden incluir erosión, efectos de la intemperie, saturación, así como desmoronamiento de las paredes verticales restantes y taludes de las pilas de desechos, además de los peligros para la seguridad que representan las fosas inundadas.

25. Los problemas residuales de la extracción subterránea pueden incluir el hundimiento de los túneles mal apoyados, causando fracturas superficiales, vacíos y colapsos; las operaciones abandonadas pueden crear un peligro atractivo, especialmente para los niños.

26. Los otros problemas que se relacionan con la extracción superficial y subterránea incluyen los siguientes:

- incendios en las venas de carbón mal sellados o restauradas. Esto es común si se emplea la mina de carbón a cielo abierto como depósito de basura (y para quemarla), y puede producir emanaciones de CO, fracturas y el colapso de la superficie de la tierra;
- las filtraciones de agua freática de las minas abandonadas pueden ser muy ácidas y/o contaminadas con metales peligrosos;
- la alteración de los acuíferos debido su removimiento o la fracturación causada por los trabajos de extracción, pueden provocar la pérdida o degradación de las fuentes locales de agua freática;
- los daños que ocurren cuesta abajo debido al derrumbamiento de las pilas de desechos de roca en las pendientes empinadas;
- los minerales residuales peligrosos expuestas en las minas superficiales o esparcidos en las pilas de desechos.

#### **Lixiviación In Situ y en Montones**

27. Las preocupaciones principales en cuanto a las operaciones *in situ* se relacionan con la contaminación de las aguas freáticas debido a la pérdida de control (o excursiones) de las soluciones que se inyectan y se recuperan, o la falta de neutralizar adecuadamente, la zona o pila lixiviada, después de finalizar las operaciones. Otras inquietudes acerca de las operaciones superficiales de lixiviación de montones incluyen la falta de estabilidad de la pila, acceso a las piscinas de lixiviación (por parte del ganado y la fauna, especialmente los pájaros), y el polvo fugitivo proveniente de las partes secas del montón.

28. En los sitios de procesamiento, las preocupaciones principales se relacionan con el montón o piscina de relaves de la planta, y son: (a) la filtración del agua muy contaminada de la pila que puede contaminar el agua superficial y/o freática; (b) la erosión o asentamiento de los costados del montón que pueden causar la contaminación de los suelos y vegetación locales; (c) el pH y/o el contenido residual de minerales puede impedir la revegetación; (d) las partículas levantadas por la erosión eólica pueden representar un peligro para la salud; (e) la lama residual puede demorar años para secarse.

#### **Dragado**

29. En las operaciones de dragado y extracción de placeres en gran escala, pueden haber daños permanentes en la pesca, calidad del agua, y aspectos estéticos, debido a la modificación de canales y características de flujo del río natural, además de la presencia en las orillas de los montones de rocas e inundación de las áreas, aguas abajo, con sedimentos. Pueden ser perjudicados los otros usuarios del agua durante las operaciones y la calidad del agua que reciben, aguas abajo, puede estar muy deteriorada.

### **Alternativas del Proyecto**

30. Aparte de la alternativa de "no hacer nada", o no continuar, total o parcialmente, con el proyecto, generalmente, las alternativas de la extracción minera dependen del tipo y grado de mitigación que se requiere. Se puede adaptar la atenuación para una operación específica. La selección del método de extracción (superficial, subterráneo, *in situ*, o a draga) depende, mayormente, de los aspectos económicos, y la profundidad, configuración, calidad y características del cuerpo mineral, y la geología de la roca madre.

31. Puede haber un poco de flexibilidad en la colocación de las pilas de desechos, restauración después de la extracción, equipos de minería y transporte del mineral desde la mina hasta la fábrica. Usualmente, hay mucha amplitud con respecto a la ubicación de la fábrica y los montones y/o piscinas de relaves, aunque, desde el punto de vista económico, es deseable, generalmente, reducir al mínimo la distancia entre la mina y la fábrica, y la longitud del poliducto de relaves entre la fábrica y la piscina. Los siguientes son factores críticos para la ubicación de la fábrica: la existencia de una fuente adecuada de agua, el sitio para la(s) piscina(s) de relaves, y el acceso para el transporte. Los métodos de procesamiento dependerán de las características del mineral y la roca madre, la economía, y la disponibilidad del agua. En una mina pequeña, se puede enviar el mineral a una fábrica para procesamiento a maquila, si existe; las minas grandes pueden tener una refinería (procesamiento secundario) junto al concentrador.

32. En general, las medidas de atenuación incluirán la evitación de las áreas que tienen recursos frágiles, restricciones en cuanto al calendario de las operaciones, ubicación de las estructuras, y corredores de transporte/servicios públicos para evitar conflictos con los recursos, controlar la tasa de desarrollo, o realizar la implementación por fases, para evitar conflictos con respecto a los recursos, y efectuar estudios de dichos recursos o la comunidad como base para la atenuación que ha de ser implementada posteriormente. Se puede mejorar la seguridad y reducir la incidencia de los accidentes, si se emplea la ingeniería adecuada en el diseño de los caminos, excavación superficial, pilas (desechos, relaves, lixiviación), piscinas superficiales, drenaje de la mina, áreas subterráneas, y estructuras.

### **Administración y Capacitación**

33. Para la operación segura de las minas, es decir, para proteger a los trabajadores, al público en general y el medio ambiente, es fundamental que existan reglamentos adecuados, además del personal de inspección calificado y normas y ejecución efectivas. Para reducir al mínimo las lesiones y/o muertes accidentales, es esencial dar la capacitación adecuada a los operadores de los equipos, e implementar programas de seguridad intensivos. Los requerimientos de capacitación y seguridad de los trabajadores mineros son similares con aquellos de la industria de la construcción; en el caso de los trabajadores de las fábricas, son similares con aquellos de una planta química industrial. (Ver la sección: "Manejo de Peligros Industriales", para mayores detalles.)

### **Monitoreo**

34. Para las minas superficiales, pueden haber normas y monitoreo en cuanto a la calidad del aire (partículas y emisiones de los equipos), agua freática (caída de presión [drawdown]), vibraciones sísmicas (explosión), inclinación y estabilidad de la pared de la fosa, caudal y calidad del agua superficial (especialmente su contenido de sedimento), drenaje de la mina, desechos sanitarios, identificación y eliminación separada del material mineral no económico encontrado durante la extracción, manejo y eliminación de los desechos peligrosos, y niveles de radioactividad en la mina y dentro del perímetro del proyecto.

35. Los requerimientos de monitoreo y restauraciones incluyen la restauración de la superficie de la tierra (drenaje, talud, estabilidad), revegetación (cubierta, tipo, vigor), agua freática (recuperación, pureza), calidad del agua superficial, y emisiones superficiales de radon. En las minas subterráneas, la mayor parte de lo mencionado anteriormente se aplicará, con algunas adiciones, p.ej., movimiento de la tierra (especialmente en las fallas, fracturas importantes y zonas de hundimiento), y la calidad del aire de los respiraderos.

36. En la extracción a draga o de placeres, las normas y monitoreo de las operaciones incluirán las emisiones de los equipos, control del sedimento, calidad del agua descargada,

grado y momento adecuado para la diversión del río, y eliminación de los desechos (método, ubicación, configuración).

37. En las operaciones *in situ*, los requerimientos de monitoreo incluyen los pozos de monitoreo en el perímetro (especialmente cuesta abajo), entrada y salida del lixiviador, pruebas de los pozos (presión, sellado adecuado) y vigilancia visual para detectar los derrames o fugas de lixiviador (poliductos, puntos de transferencia, y tanques de almacenamiento).

38. El monitoreo de la restauración incluye el análisis de las soluciones de lavado o neutralización, control de la eliminación adecuada y/o sellamiento de los pozos, y análisis periódico de los pozos de monitoreo en el perímetro. Hay requerimientos adicionales para las operaciones de lixiviación de montones en la superficie, como el chequeo visual de los taludes de las pilas y el asiento para detectar fugas, muestras del agua superficial cuesta abajo, y restauración del montón después de lavarlo y/o neutralizarlo (talud y cubierta vegetal).

39. En las operaciones de procesamiento, los requerimientos de monitoreo deben incluir los siguientes aspectos: calidad del aire junto a las chimeneas, en el sitio y en el perímetro de la instalación, cantidad y calidad del agua descargada, identificación y manejo adecuado de los desechos peligrosos, y niveles de ruido en el sitio y en el perímetro del mismo.

**Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b>	
1. Modificación/pérdida del perfil del suelo, vegetación y drenaje superficial, durante la exploración, extracción y construcción.	1. • Requerir, antes de cualquier alteración, la realización de los estudios apropiados de los recursos en las áreas que puedan ser afectadas por el proyecto, a fin de identificar lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• recursos culturales e históricos;</li> <li>• flora y fauna;</li> <li>• suelos;</li> <li>• calidad y cantidad de agua superficial y freática;</li> <li>• usos de la tierra;</li> <li>• características topográficas importantes;</li> </ul> • Las medidas de atenuación, según los conflictos de los recursos que se hayan identificado, pueden incluir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• anulación;</li> <li>• definición del calendario de las operaciones;</li> <li>• recuperación y registro de los recursos culturales e históricos;</li> <li>• segregación y almacenamiento para uso en la reclamación (suelos);</li> </ul>
2. • Deterioro/destrucción de los recursos culturales y sitios históricos. • Hitos topográficos durante la exploración, extracción y construcción.	2. Ver el No. 1.
3. • Degradación de las aguas superficiales debido a la erosión del suelo en las áreas alteradas, pilas de desechos y de almacenamiento de materia prima. • Reducción de la capacidad de los reservorios/piscinas locales debido a la sedimentación.	3. • Exigir que se controle el escurrimiento del agua lluvia y que se implementa revegetación en las áreas trastornadas.  • Evitar la alteración de los ríos, drenajes, lagos y humedales.

Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
4. Contaminación de las aguas superficiales y aguas freáticas de poca profundidad (acuíferos) debido a las aguas servidas drenadas de la mina, mantenimiento de los equipos y desechos sanitarios y domésticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donde sea imposible evitar la alteración, exigir el uso de las estructuras y prácticas para controlar el sedimento.</li> <li>• Las normas de calidad para el agua deben incluir su contenido de sólidos suspendidos.</li> </ul> <p>4. • Requerir que se traten los siguientes efluentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• líquido drenado de la mina;</li> <li>• los efluentes sanitarios/domésticos y el escurrimiento de agua lluvia deberán cumplir con las normas de calidad antes de descargarlos;</li> <li>• Limpiar oportunamente cualquier derrame (aceites, lubricantes y solventes de limpieza).</li> <li>• Se deben establecer normas de calidad para todas las descargas de aguas servidas.</li> </ul>
5. Trastorno/contaminación de los acuíferos locales a causa de los pozos de exploración y excavaciones mineras.	<p>5. • Evitar o reducir al mínimo la penetración de los acuíferos de los estratos más profundos que la mina.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los hoyos de perforación fuera o debajo del área de la mina deben ser entubados o sellados adecuadamente.</li> </ul>
6. Disminución de las existencias locales de agua.	6. Exigir su reposición de fuentes alternativas.

Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
7. Reducción de la reproducción y población de la fauna debido a la modificación y pérdida de los habitats.	7. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibir o restringir la alteración de los humedales que tienen habitats significativos.</li> <li>• Exigir que se recupere oportunamente el forraje y habitat que sea favorable para la fauna local.</li> </ul>
8. Mortandad de la fauna a causa del tráfico vehicular y la alteración de la superficie.	8. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Señalizar las cruces de camino de la fauna.</li> <li>• Enfatizar la conscientización de los choferes.</li> <li>• Instalar pasos a desnivel en el camino.</li> </ul>
9. Degradación/pérdida de la vegetación (y la productividad del suelo) a causa de la descarga de aguas contaminadas (ver el No. 4).	9. Ver el No. 4.
10. Modificación de la vegetación e introducción de especies no nativas.	10. Exigir la recuperación oportuna de las áreas alteradas y revegetación con especies nativas.
11. Contaminación de la superficie con material pétreo mineralizado/tóxico.	11. Requerir la identificación y segregación de los materiales pétreos tóxicos.
12. Degradación de la calidad del aire y visibilidad a causa de las partículas atmosféricas (voladura, tráfico vehicular, erosión eólica).	12. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir que se haga lo siguiente:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• emplear prácticas adecuadas de voladura para reducir las partículas atmosféricas;</li> <li>• rociar con agua los caminos donde se transportan los materiales;</li> <li>• revegetar oportunamente o aplicar selladores y supresores de polvo en las áreas alteradas (incluyendo las pilas de desechos y tierra);</li> </ul> </li> </ul>

Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
13. Disminución de la calidad del aire a raíz de las emisiones (diesel) rutinarias de la operación.	13. • Hay que instalar los dispositivos adecuados de control de contaminación en todos los equipos a diesel y gasolina, y asegurar que funcionen. • Debe haber control del vapor de hidrocarburos en todos los puntos de transferencia de combustibles. • Limpiar oportunamente todos los derrames de aceite.
14. Degradación de la calidad del aire debido a las emisiones del proceso.	14. Exigir que se utilice la tecnología adecuada para asegurar que las emisiones se mantengan en los niveles aceptables.
15. Conflictos sobre el uso de la tierra.	15. • Consulte a los usuarios locales de la tierra para ubicar los caminos de acceso, campos de aviación, líneas de transmisión de energía eléctrica, y tanto como sea posible, las instalaciones de extracción y procesamiento. • Permitir que continúen los otros usos de la tierra en el sitio si son compatibles con las operaciones.
16. Deterioro del camino, accidentes y demoras del tráfico a causa del mayor movimiento de camiones en las carreteras locales.	16. • Observar los límites de los caminos. • Diseñar los caminos para que su capacidad y visibilidad sean adecuadas. • Asegúrese que la señalización de los caminos sea correcta, que se mantengan en buen estado los vehículos y que los choferes se capaciten y sean conscientes de la seguridad. • Proveer buses o requerir que los trabajadores viajen juntos al trabajo.

192

**Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Directos (continuación)</b>	
<p>17. • Obstaculización visual debido a las torres de perforación, excavaciones y equipos de la mina superficial, instalaciones mineras y caballetes de extracción (minas subterráneas).</p> <p>• Desbroce de los derechos de vía para los oleoductos, servicios públicos, caminos y plantas de procesamiento (ver también el No. 12).</p>	<p>17. • Pintar las estructuras para que se combinen con el trasfondo (la vegetación y el cielo).</p> <p>• Evitar el contraste de colores.</p> <p>• Utilizar corredores para los servicios públicos, reduzca al mínimo el desbroce, y combine la vegetación donde sea posible.</p>
<p>18. Molestia para la gente y la fauna debido al ruido proveniente de la operación de los equipos, explosiones y plantas de procesamiento.</p>	<p>18. • Utilizar barreras de tierra y vegetación.</p> <p>• Observar los procedimientos correctos de voladura, emplear las cargas mínimas, y evitar las explosiones durante la noche o temprano por la mañana.</p>
<p>19. Daños a las estructuras y molestia a los residentes locales, por las vibraciones causadas por la voladura.</p>	<p>19. Emplear los procedimientos de voladura que reducen al mínimo las vibraciones en las viviendas y estructuras cercanas, e instalar instrumentos de monitoreo en los lugares sensibles.</p>
<p>20. Lesiones/muertes debido a los accidentes.</p>	<p>20. • Implementar capacitación periódica y recordatorios permanentes sobre la seguridad, para todo el personal operativo.</p> <p>• Exigir la realización de los ejercicios periódicos relacionados con los procedimientos de emergencia.</p> <p>• Asegúrese de que todos los visitantes sean informados de los riesgos potenciales y las precauciones de seguridad necesarias.</p> <p>• Asegúrese que los equipos apropiados de seguridad y rescate estén disponibles, y que los empleados hayan sido entrenados en su uso.</p>

103

Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
21. Mayores demandas sobre las instalaciones y servicios comunitarios, conflictos sociales y culturales, preocupación por la estabilidad de la comunidad (situación de bonanza y quiebra).	21. • Antes de iniciar el desarrollo, exigir los estudios socioeconómicos sobre las comunidades, que potencialmente, serán afectadas, a fin de identificar todos los posibles impactos en cuanto a los servicios, infraestructura, desplazamiento y conflictos. • Se pueden tratar estos impactos mediante las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>• donaciones a la comunidad;</li> <li>• préstamos;</li> <li>• prepago de impuestos;</li> <li>• implementación por fases del desarrollo de los minerales;</li> <li>• construcción de las instalaciones necesarias en la comunidad;</li> </ul> • Se deben establecer, oportunamente, relaciones de trabajo abiertas y cooperativas con las comunidades locales, y mantenerlas durante la vida del proyecto. • Se debe motivar a los trabajadores del proyecto a que participen en los asuntos de la comunidad.
22. Conflictos con las culturas, tradiciones y estilos de vida de los nativos.	22. • Instruir a todos los empleados para asegurar que sean conscientes y sensibles en cuanto a la cultura, tradiciones y estilo de vida de la gente local. • Asegúrese que los líderes nativos estén conscientes de las actividades que se proyectan, que reciban ayuda para la identificación de los impactos que puedan ser de particular preocupación para ellos, y que tengan voz en cuanto a las medidas de atenuación. • Parte de la atenuación puede ser, aislar la fuerza laboral del proyecto de la comunidad nativa.

**Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)**

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
<b>Directos</b> (continuación)	
23. Hundimiento de la superficie de la tierra (extracción subterránea).	23. • Exigir que se utilice el apoyo adecuado en las minas subterráneas, empleando pilares, encofrado o relleno.  • Monitorear el hundimiento controlado e identificar las áreas de posible hundimiento, a fin de restringir el uso de la tierra.
24. Pérdida de aves y animales en las piscinas de relaves y lixiviación.	24. • Reducir al mínimo el tamaño de las piscinas de relaves y lixiviación, y exigir que sean drenados o cerrados, oportunamente, cuando no estén en uso.  • Puede ser necesario utilizar una red, cerca o ahuyentamiento en las piscinas activas.
25. Modificación/alteración de las aguas superficiales (dragado).	25. • Requerir el uso de estructuras/prácticas para controlar el sedimento.  • Las normas de la calidad del agua deben incluir la cantidad de sólidos suspendidos.
<b>Indirectos</b>	
1. Degradación de las áreas remotas debido al mayor acceso y uso.	1. • Durante las etapas iniciales de exploración, dar acceso a las áreas remotas por aire, en vez de construir caminos.  • Restringir el uso de los caminos de acceso, y eliminar o reducir todas estas vías al finalizar la producción.

**Tabla 10.18 Extracción y Procesamiento de Minerales (continuación)**

<b>Impactos Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Atenuación</b>
<b>Indirectos</b> (continuación)	
2. Vandalismo de los recursos culturales y sitios históricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir al mínimo la necesidad de desarrollo comunidades, rotando los equipos de trabajadores, y obviando la necesidad de establecer viviendas permanentes.</li> <li>2. • No dar publicidad a los sitios de los recursos culturales en los lugares remotos o desprotegidos.</li> <li>• Restringir el acceso innecesario y vigilar los sitios.</li> </ul>
3. Pérdida de la fauna debido a la cacería ilegal.	3. Prohibir el uso de las armas de fuego en el área, restringir el acceso innecesario y vigilar las áreas.
4. Crecimiento poblacional secundario y los efectos relacionados.	4. Ver el No. 20.

## Referencias

### Manejo de Peligros Industriales

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 1977. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Actualizado anualmente. Cincinnati, Ohio.
- Banco Asiático de Desarrollo. 1988. Environmental Guidelines for Selected Industrial and Power Development Projects. Manila, Filipinas: Environmental Unit, Infrastructure Department.
- Batstone, R., J.E. Smith, Jr., y D. Wilson, editores. 1989. The Safe Disposal of Hazardous Wastes: The Special Needs and Problems of the Developing Countries. Documento Técnico del Banco Mundial 93. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Banco Mundial. 1978. Environmental Considerations for the Industrial Development Sector. Office of Environmental and Health Affairs. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- \_\_\_\_\_. 1988. Environmental Guidelines. Environmental Department. Washington D.C.: Banco Mundial.
- \_\_\_\_\_. 1988. Occupational Health and safety Guidelines. Environmental Department. Washington D.C.: Banco Mundial.
- \_\_\_\_\_. 1988. Techniques for Assessing Industrial Hazards. Documento Técnico 55. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1988. Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level (APELL): A Process for Responding to Technological Accidents. Nairobi, Kenya.

### Manejo de Materiales Peligrosos

- Anderson, I. "White Asbestos Also Causes Cancer," New Scientist, March 9, 1991, p. 12.
- Huncharek, M. 1990. "Brake Mechanics, Asbestos and Disease Risk." American Journal of Forensic Medical Pathology 11(3):240-326.
- Mossman, B.T., y J.B. Gee. 1989. "Asbestos-Related Diseases." New England Journal of Medicine 320:1721-1730.
- Mossman, B.T. y otros. 1990. "Asbestos: Scientific Developments and Implications for Public Policy." Science 247:361-365.
- National Institute for Occupational Safety and Health. 1985. Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities. Washington D.C.: United States Department of Health and Human Services. Bibliography. Document No. PB 90-87555. Washington D.C.
- Neuberger, M. y M. Kundi. 1990. "Individual Asbestos Exposure, Smoking and Mortality: Asbestos Cement Industry." British Journal of Industrial Medicine 47:615-620.

Occupational Safety and Health Administration. 1990. "Occupational Safety and Health Standards, Subpart Z. Toxic and Hazardous Substances: Asbestos, Tremolite, Anthrophyllite and Actinolite." Federal Register 1919.1001. U.S. Standards and Interpretations (OSHA) 702.0.32-708.0.29. Washington D.C.: United States Department of Health and Human Services.

Pelnar, P.V. 1990. Health Effects of Asbestos and of Other Minerals and Fibers. Park Forest, Illinois: Chem-Orbital.

United States Printing Office. 1990. "Hazardous Waste Operations and Emergency Response." U.S. Standards and Interpretations. Federal Register 1910.132. Washington D.C.

### **Ubicación de Plantas y Desarrollo de Parques Industriales**

Geethkrishnan, K.P. 1989. "Indian Policy for Siting of Industry." Industry and Environment 12(2)3-6.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1980. Guidelines for Assessing Industrial Impact and Environmental Criteria for the Siting of Industry. 2 Volúmenes. París, Francia: Industry and Environment Office.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1980. "Guidelines to Assessing Industrial Impact and Environmental Criteria for the Siting of Industry." Industry and Environment Guidelines Series, Volumen 1, París, Francia.

### **Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica**

Asplundh Environmental Services. 1979. Right-of-Way Ecological Effects Bibliography. Report No. EPRI-EA-1080. Willow Grove, Pennsylvania.

Gas Research Institute. 1988. Environmental Aspects of Rights-of-Way for Natural Gas Transmission Pipelines: An Updated Bibliography. Argonne, Illinois: Energy and Environmental Systems Division.

Goodland, R., editor. 1973. Power Lines and the Environment. Millbrook, New York: Cary Ecosystem Center.

United States Department of the Interior. 1979. Environmental Criteria for Electric Transmission Systems. Document No. 001-010-00074-3. Washington D.C.: General Printing Office.

United States Environmental Protection Agency. 1980. Electric Fields Under Power Lines. Supplement to an Examination of Electric Fields Under EHV Overhead Power Transmission Lines. Silver Spring, Maryland.

United States Fish and Wildlife Service. 1979. Management of Transmission Line Rights-of-Way for Fish and Wildlife. Volume I: Background Information. Report No. FWS/OBS-79/22-1.

### **Oleoductos y Gasoductos**

Banco Mundial 1988. Environmental Guidelines. Environment Department. Washington D.C.: Banco Mundial.

Carpenter, G.F. 1982. "Environmental Considerations in Planning and Routing Natural Gas Pipelines and Their Relationship to Off-Road Vehicle Use." Right of Way 29(3):29-31.

Considine, C.M., editor. 1977. "Gas Pipelines and Underground Storage," en Energy Technology Handbook. McGraw-Hill.

Davis, S.H., Jr. 1976 "Effect of Natural Gas on Trees and Other Vegetation." Journal of Arboriculture 3(8):153-168.

Gas Research Institute. 1982. Assessment of Environmental Problems Associated With Installation and Maintenance of New Gas-Transmission Pipelines. Report No. GRI-81/0114. Chicago, Illinois.

Gosselink, J.G. 1984. Impacts of Pipeline Installation in Coastal Louisiana. Minerals Management Information Transfer Meeting. Metairie, Louisiana.

\_\_\_\_\_. 1981. Managing Oil and Gas Activities in Coastal Environments: Refuge Manual. Report No. FWS/OBS-81/22. Austin, Texas.

#### **Oleoductos y Gasoductos-Costa Afuera**

United States Environmental Protection Agency. 1980. Choosing Offshore Pipeline Routes: Problems and Solutions. Preparado por New England River Basins Commission. Report No. EPA-600/7-80-114. Boston, Massachusetts.

United States Fish and Wildlife Service. 1979. Environmental Planning for Offshore Oil and Gas, Volume I: Recovery Technology. Preparado por la Conservation Foundation. Report No. FWS/OBS-77/12. Washington D.C.

\_\_\_\_\_. 1978. Environmental Planning for Offshore Oil and Gas, Volume II: Effects on Coastal Communities. Preparado por la Conservation Foundation. Report No. FWS/OBS-77/13. Washington D.C.

\_\_\_\_\_. 1978. Environmental Planning for Offshore Oil and Gas, Volume III: Effects on Living Resources and Habitats. Preparado por la Conservation Foundation. Report No. FWS/OBS-77/14. Washington D.C.

#### **Desarrollo de Petróleo y Gas-en Tierra**

Naval Civil Engineering Laboratory. 1981. Nearshore Pipeline Installation Methods. Report No. CEL-CR-81.016. Port Hueneme, California.

United States Department of Agriculture. 1982. Final Environmental Impact Statement for Proposed Oil and Gas Drilling at Cache Creek-Bear Thrust, near Jackson, Teton County, Wyoming. Washington D.C.: U.S. Department of the Interior and Forest Service.

United States Department of the Interior. 1987. Hickey Mountain-Table Mountain Oil and Gas Field Development: Final Environmental Impact Statement and Record of Decision. Washington D.C.: Bureau of Land Management, United States Department of the Interior.

\_\_\_\_\_. 1981 Oil and Gas Environment Assessment of BLM Leasing Program: Lewistown District. Washington D.C.: Bureau of Land Management, United States Department of the Interior.

### **Proyectos Hidroeléctricos**

- Dixon, J.A., L.M. Talbot, y G J-M Le Moigne. 1989. Dams and the Environment: Considerations in World Bank Projects. Documento Técnico del Banco Mundial 110. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Garzon, C. 1984. Water Quality in Hydroelectric Projects: Considerations for Planning in Tropical Forest Regions. Documento Técnico del Banco Mundial 20. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Goodland, R. 1978. Environmental Assessment of the Tucuruí Hydroproject, Amazonia. Brasilia, Brasil: Eletronorte.
- \_\_\_\_\_. 1989. "The World Bank's New Policy on the Environmental Aspects of Dam and Reservoir Projects." Indian Journal of Public Administration. 35(3):607-633.
- Intermin Mekong Committee. 1982. Environmental Impact Assessment: Guidelines for Application to Tropical River Basin Development. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Environment and Development Series. Bangkok, Tailandia.
- Mahmood, K. 1987. Reservoir Sedimentation: Impact, Extent, and Mitigation. Documento Técnico del Banco Mundial 71. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Banco Mundial. 1989. "Environmental Policy for Dam and Reservoir Projects." Directriz Operativo 4.00, Anexo B. Banco Mundial, Washington D.C.

### **Proyectos Termoeléctricos**

- United States Fish and Wildlife Service. 1978. A Biologist's Manual for the Evaluation of Impacts of Coal-Fired Power Plants on Fish, Wildlife, and Their Habitats. Report No. FWS/OBS-78/75. Argonne, Illinois: National Laboratory.
- \_\_\_\_\_. 1979 Impacts of Coal-Fired Power Plants on Fish, Wildlife, and Their Habitats. Report No. FWS/OBS-78/29. Argonne, Illinois: National Laboratory, Division of Environmental Impact Studies.

### **Financiamiento de Energía Nuclear: Opciones para el Banco**

- Ahearne, J.F. 1989. "Will Nuclear Power Recover in a Greenhouse?" Resources for the Future, ENR 89-06:58.
- Blix, H. 1990. "The World's Energy Needs and the Nuclear Power Option." IAEA Bulletin 32(1):38-44.
- Criqui, P. 1989. "Trends in World Energy Demand in the Face of Possible Global Climate Change." Energy Studies Review 1(3):258-268.
- Cruver, P.D. 1989. "How the 'Greenhouse Effect' Might Shape World Energy Policy in the 21st Century." OPEC Bulletin 20(4):9-13.
- De, P.L. 1990. "Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants." IAIA Bulletin 32(3):39-42.
- McKee, K.C. 1990 "The Lessons of Three Mile Island." Public Utilities Fortnightly 126(11):15-21.

Miller, A., and I. Mintzer. 1990. "Global Warming: No Nuclear Fix." Bulletin Atomic Scientists 46:30-34.

Murray, J. 1990. "Can Nuclear Energy Slow Global Warming?" Energy Policy 18:494-499.

Todani, K., Y.M. Park, y G.H. Stevens. 1989. "The Near Term Contribution of Nuclear Energy in Reducing CO2 Emissions in OECD Countries." Energies Technologies for Reducing Emissions of Greenhouse Gases 1:59-70.

### **Cemento**

Banco Mundial. 1984. Cement Manufacturing: Guidelines for Disposal of Waste. Office of Environmental Affairs. Washington D.C.: Banco Mundial.

Beers, A. 1987. Hazardous Waste Incineration: The Cement Kiln Option. New York: State Legislative Commission on Toxic Substances and Hazardous Wastes.

Occupational Safety and Health Association. 1984. Industrial Hygiene Technical Manual. Occupational Safety and Health Administration Instructions. Washington D.C.: General Printing Office.

Organización de las Naciones Unidas para Desarrollo Industrial. 1977. Information Sources on the Cement and Concrete Industry. Guides to Information Sources, No. 2. New York.

United States Environmental Protection Agency. 1974. Development Document for Effluent Limitations, Guidelines, New Source Performance Standards for the Cement Manufacturing Point Source Category. Document No. EPA/440/1-74-005a. Washington D.C.

### **Químico y Petroquímico**

American Petroleum Institute. 1973. Guidelines on Noise: A Medical Report. Austin, Texas.

National Institute for Occupational Safety and Health. 1985. Guide to Chemical Hazards. No. 78-210. Washington D.C.: United States Department of Health and Human Services.

United States Environmental Protection Agency. Effluent Guidelines and Standards for Organic Chemicals. (40 CFR 414).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines and Standards for Inorganic Chemicals. (40 CFR 415).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines and Standards for Pharmaceutical Manufacturing. (40 CFR 439).

\_\_\_\_\_. Regulations on National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants. (40 CFR 61).

### **Fertilizantes**

Banco Mundial. 1983. Guidelines for Fertilizer Manufacturing Wastes. Office of Environmental Affairs. Washington D.C.: Banco Mundial.

\_\_\_\_\_. 1988. Occupation Health and Safety Guidelines. Washington D.C.: Banco Mundial.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1982. Guidelines for Assessing Industrial Environmental Impact and Environmental Criteria for the Siting of Industry. 2 Volúmenes. París, Francia: Industry and Environmental Office.

United States Environmental Protection Agency. EPA Effluent Guidelines and Standards for Fertilizers Manufacturing, (40 CFR 418).

### **Procesamiento de Alimentos**

Banco Mundial. 1983. Fruit and Vegetable Processing Industrial Waste Disposal. Office of Environmental Affairs. Washington D.C.: Banco Mundial.

\_\_\_\_\_. 1983. Meat Processing and Rendering Industrial Waste Disposal. Office of Environmental Affairs. Washington D.C.: Banco Mundial.

United States Environmental Protection Agency. Effluent Guidelines and Standards for Canned and Preserved Fruits and Vegetables, (40 CFR 407).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines for Canned and Preserved Seafood. (40 CFR 408).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines and Standards for Dairy Products. (40 CFR 409).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines and Standards for Grain Mills. (40 CFR 406).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines and Standards for Meat Products. (40 CFR 432).

\_\_\_\_\_. Effluent Guidelines for Sugar Processing. (40 CFR 465).

### **Fabricación de Hierro y Acero**

Banco Mundial. 1983. Effluent Guidelines for the Iron and Steel Industry, Office of Environmental Affairs. Washington D.C.: Banco Mundial.

Kendrick, D.A., A. Meeraus, y J Alatore. 1984. Planning of Investment Programs in the Steel Industry. Volumen III. Baltimore, Maryland: The John Hopkins University Press.

Schueneman, Jean J., M.D. High, y W.E. Bye. 1963. Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry. Public Health Series Publication 999-AP-1. Washington D.C.: United States Department of Health and Human Services.

United States Environmental Protection Agency. Effluent Guidelines for Iron and Steel Manufacturing, (40 CFR 420).

### **Metales no Ferrosos**

United States Environmental Protection Agency. Effluent Guidelines and Standards for Non-Ferrous Metals, (40 CFR 421).

\_\_\_\_\_. Regulations on National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants, (40 CFR 61).

\_\_\_\_\_. Regulations on Standards of Performance for New Stationary Sources, (40 CFR 60).

## **Refinación de Petróleo**

- Banco Mundial. 1988. Environmental Guidelines. Environment Department. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Scherr, R. 1991. "Impact of Clean Air Act Amendment on Refinery Planning and Construction." Ponencia presentada en la 89a Reunión Anual de la National Petroleum Refiners Association. San Antonio, Texas.
- United States Environmental Protection Agency. Effluent Guidelines and Standards for Petroleum Refining, (40 CFR 491).

## **Procesamiento de Pulpa, Papel y Madera**

- Banco Mundial. 1980. Environmental Considerations in the Pulp and Paper Industry. Office of Environmental Affairs. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Htun, N. 1982. International Trends in Environmental Management in the Pulp and Paper Industry. Bangkok, Tailandia: Technical Association of the Pulp and Paper Industry Press.
- Jensen, W. 1986. "Environmental Trends in the Finnish Pulp and Paper Industry." Industry and Environment 9(3):19-24.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1982. Environmental Guidelines for the Pulp and Paper Industry. Environmental Management Guidelines No. 4. Nairobi, Kenya.
- United States Environmental Protection Agency. 1980. Development Documentation for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Pulp, Paper, and Paperboard and the Builder's Paper and Board Mills. Report No. EPA 440/1-80/025b. Washington D.C.: General Printing Office.

## **Extracción y Procesamiento de Minerales**

- Cardamone, M.A., J.R. Taylor, y W.J. Mitsch. 1984. Wetlands and Coal Surface Mining: A Management Handbook. Kentucky: University of Louisville, Systems Science Institute.
- Chrinonis, N.P., editor. 1980. Training Manual for Miners. New York: McGraw-Hill.
- Hinkle, C.R., R.F. Ambrose, y C.R. Wenzel. 1981. A Handbook for Meeting Fish and Wildlife Information Needs to Surface Mine Coal: OSM Region I. Prepared for the Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement and Office of Biological Services, Fish and Wildlife Service. Washington D.C.: United States Department of the Interior.
- Lamb, A.M. 1982. Procedures for Assessment of Cumulative Impacts of Surface Mining on the Hydrologic Balance. Washington D.C.: Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, United States Department of the Interior.
- Lyle, F.S. 1987. Surface Mine Reclamation Manual. Washington D.C.: Bureau of Mines, United States Department of the Interior.
- Richings, M.L., y L. Readdy. 1981. Surface Oil Mining: A Technical and Environmental Assessment. Washington D.C.: Bureau of Mines, United States Department of the Interior.



## ANEXO 10-1

### Ejemplo de Términos de Referencia (TOR) Evaluación Ambiental de Instalaciones Energéticas

Nota: Los números de los párrafos corresponden al Bosquejo del Ejemplo de Términos de Referencia, del Anexo 1-3; los párrafos adicionales no son numerados.

1. **Introducción.** Esta sección debe indicar el propósito de los términos de referencia, identificar los proyectos de desarrollo energético a ser evaluados, y explicar los arreglos para la ejecución de la evaluación ambiental. Los proyectos de desarrollo energético incluyen, pero no se limitan, a los siguientes: sistemas de transmisión de energía eléctrica, oleoductos y gasoductos, desarrollo de petróleo y gas, desarrollo geotérmico, instalaciones hidroeléctricas y plantas termoeléctricas.
2. **Antecedentes.** Antecedentes para las personas que posiblemente realicen la evaluación ambiental, sean consultores u organismos gubernamentales, incluyendo una breve descripción de los principales componentes del proyecto propuesto; una declaración de su necesidad y los objetivos que debe cumplir; la agencia ejecutora; una breve historia del proyecto (incluyendo las alternativas consideradas), su estado y plazos actuales, y la identidad de todo proyecto relacionado. En caso de existir otros proyectos en progreso o planificados dentro de la región que puedan competir por los mismos recursos, también deben ser identificados aquí.

Los siguientes son los componentes principales del proyecto energético que se describirá en la presente, según el caso: fuentes de energía (p.ej., acuífero geotérmico, reservorio, yacimiento de petróleo/gas); planta de producción de energía (p.ej., pozo, plataforma, represa, bomba); sistemas de entrega de combustibles (p.ej., oleoductos costa afuera o en tierra, barcaza, tanquero, transporte terrestre, banda transportadora, tranvía elevado); sistemas de generación de electricidad (p.ej., turbina, generador); sistemas de transmisión (p.ej., derecho de vía, playa de distribución, subestación); sistemas de control de contaminación (p.ej., lodos y rios de perforación, control de las emisiones de los gases de escape, control de las emisiones de las fuentes no puntuales; tratamiento y descarga de las aguas de enfriamiento y servidas, eliminación de ceniza); suministros (p.ej., ubicación de los repuestos y químicos, rutas de transporte); personal (p.ej., número de trabajadores, habilidades requeridas); servicios (protección contra incendios, seguridad, transporte); planificación para emergencias, y participación de la comunidad (p.ej., vivienda para los trabajadores durante la fase de construcción).

3. **Objetivos.** Esta sección resumirá el alcance general de la evaluación ambiental y analizará sus plazos en relación al proceso de preparación, diseño y ejecución de los proyectos. Esta sección identificará las limitaciones, si existen, relacionadas con la suficiencia de los datos de línea de base existentes para la evaluación ambiental, y las necesidades de programar la recolección adicional de datos (p.ej., durante varias temporadas) y las actividades de evaluación, de modo que no interfieran con el programa de desarrollo del proyecto.
4. **Requisitos para Evaluación Ambiental.** Este párrafo debe identificar los reglamentos y lineamientos que regirán la ejecución de la evaluación o especificarán el contenido de su informe. Puede incluir cualquiera de los siguientes:
  - Directiva Operacional del Banco Mundial 4.00, Anexo A: "Environmental Assessment", y demás Directivas Operacionales, Manuales Operacionales, Notas Políticas Operacionales y lineamientos pertinentes;
  - legislación y/o reglamentación nacional sobre los estudios ambientales y evaluaciones de impactos;

- reglamentos para las evaluaciones ambientales a nivel regional, provincial o comunal; y
- reglamentos para la evaluación ambiental, propias de las demás organizaciones financieras que incluya el proyecto.

Esta sección identificará las normas de diseño u operación que deberán ser tratadas por los componentes del proyecto, para que éste sea ambientalmente aceptable. Esto incluirá, por ejemplo, limitaciones en cuanto a la descarga de efluentes, normas que controlan las emisiones atmosféricas, normas de calidad para las aguas de recepción, y requerimientos con respecto a la salud y seguridad ocupacional.

5. **Area del Estudio.** Especificará los límites del área de estudio para la evaluación. Donde sea apropiado, especificar la anchura y alineamiento del derecho de vía para las líneas de transmisión u oleoductos. Asimismo, definir la ubicación de las subestaciones de transmisión, y estaciones de compresión o bombeo de petróleo/gas. Para los proyectos que desarrollan las fuentes energéticas, especificar toda el área correspondiente (p.ej. captación y planicie de inundación para los reservorios hidroeléctricos, y las zonas de producción y reserva para los yacimientos de petróleo/gas).

Si existen áreas cercanas o remotas que deberían ser consideradas con respecto a los impactos de ciertos aspectos del proyecto, identificarlas. Por ejemplo, si el proyecto energético incluye sólo la planta termoeléctrica y no el componente de desarrollo de petróleo/gas, hay que identificar los corredores de transporte, terminales y sitios de procesamiento remoto para la entrega de combustible.

6. **Alcance de la Obra.** En algunos casos, las tareas a ser realizadas por parte de un consultor serán conocidas con suficiente certeza como para ser completamente especificadas en los términos de referencia. En otros casos, las deficiencias en la información habrán de ser compensadas o se habrá que realizar estudios especializados de campo o actividades de diseño para evaluar los impactos, y se pedirá al consultor definir en mayor detalle las tareas particulares para la revisión y aprobación por parte del organismo contratante.

7. **Tarea 1. Descripción del Proyecto Propuesto.** Proveer información sobre lo siguiente: ubicación de todos los sitios de desarrollo y derechos de vía que se relacionan con el proyecto; disposición general de las instalaciones en los sitios de desarrollo que estén relacionados con el proyecto; diagramas de flujo de las plantas/operaciones; base, tamaño, capacidad, caudal de las operaciones unitarias del diseño; actividades previas a la construcción; actividades de construcción; calendario; contratación de personal e instalaciones/servicios de apoyo; actividades de operación y mantenimiento; inversiones requeridas fuera del sitio; esperanza de vida de los componentes principales.

Proveer mapas de escala apropiada para ilustrar la distribución general de los sitios y derechos de vía que se relacionan con el desarrollo del proyecto, así como las áreas circundantes que probablemente sean afectadas, ambientalmente. Estos mapas deberán incluir los contornos topográficos que estén disponibles, así como la ubicación de todas las extensiones de agua, caminos, ferrocarriles, centros poblacionales, parques y reservas, y los límites políticos. Proveer también, según su disponibilidad, los mapas que indiquen el uso actual de la tierra, incluyendo su desarrollo industrial, residencial, comercial e institucional, agrícola, etc.

8. **Tarea 2. Descripción del Medio Ambiente.** Reunir, evaluar y presentar datos de línea de base sobre los rasgos pertinentes del medio ambiente en el área de estudio. Incluir información sobre todo cambio anticipado antes de iniciar el proyecto.

Medio físico: geología (p.ej., estratigrafía y estructura de los yacimientos petrolíferos, historia sísmica de las áreas de los tanques de almacenamiento); topografía (p.ej., modelos de drenaje de las áreas de construcción, paisaje alrededor de las instalaciones); suelos (p.ej., valor agrícola, uso potencial para revestir o cubrir los depósitos de desechos); sedimento béntico (p.ej., nivel de contaminación de las áreas costa afuera donde se colocan los oleoductos); clima y meteorología (p.ej., vientos predominantes alrededor de las chimeneas, modelos de precipitación en los depósitos de desechos); calidad del aire ambiental (notar la contribución de otras fuentes importantes de contaminantes del área, si existen); hidrología superficial (p.ej., los recursos que se encuentran aguas abajo de los reservorios); parámetros costaneros y oceánicos (p.ej., las corrientes en las áreas de las plataformas y amarraderos); calidad del agua de recepción (notar la contribución de las fuentes importantes de contaminantes del área, si existen); importantes fuentes existentes de emisiones en el área y posibilidades de mitigarlas.

Medio biológico: flora (p.ej., tipos y diversidad); fauna (p.ej., residente y migratoria); especies raras o en peligro de extinción dentro o cerca de los sitios y derechos de vía del proyecto; habitats frágiles, incluyendo humedales, parques y reservas, sitios naturales significativos dentro de las áreas o derechos de vía, aguas/cuesta abajo del desarrollo que se relacionen con el proyecto (incluyendo el habitat béntico del área de los oleoductos costa afuera; especies de importancia comercial del área afectada por el proyecto, incluyendo las áreas costaneras de las instalaciones portuarias.

Medio sociocultural (incluir el medio actual y proyectado donde sea apropiado): población (es decir, permanente y temporal); uso de la tierra (p.ej., todo el año y temporal); actividades de desarrollo planificadas; estructura comunitaria; empleo y el mercado de mano de obra; distribución de los ingresos, bienes y servicios; recreación; salud pública; educación; patrimonio cultural (p.ej., sitios de importancia arqueológica e histórica); pueblos indígenas y tierras tribales tradicionales; costumbres, aspiraciones y actitudes.

9. Tarea 3. Consideraciones Legislativas y Normativas. Describir los reglamentos y las normas pertinentes que rigen la calidad del ambiente, la salud y seguridad, la protección de áreas frágiles, la protección de especies en peligro de extinción, la ubicación, el control del uso de la tierra, etc., a nivel internacional, nacional, regional y local. (Los términos de referencia deben especificar los que son conocidos y requerir que el consultor investigue otros.)
10. Tarea 4. Determinación de los Potenciales Impactos del Proyecto Propuesto. Identificar todos los cambios significativos que el proyecto puede atraer. Estos incluirían los cambios en los siguientes aspectos, pero sin limitarse a estos: oportunidades de empleo, efluentes, efectos térmicos, emisiones atmosféricas, uso de la tierra, infraestructura, exposición a enfermedades, ruido, tráfico, comportamiento sociocultural. Evaluar los impactos de los cambios causados por el proyecto, según las condiciones ambientales de línea de base, que se presentaron bajo la Tarea 2.

En este análisis, distinguir entre los impactos significativos positivos y negativos, directos e indirectos, inmediatos y de largo alcance. Incluir los impactos directos del aumento en la oferta de energía (p.ej., expansión industrial y mayor urbanización). Identificar los impactos que pueden ocurrir debido a los eventos fortuitos (p.ej., ruptura potencial de los oleoductos, escape de un gasoducto, reventazón de un pozo de petróleo, choque de un tanquero). Identificar impactos inevitables o irreversibles. Donde sea posible, describir cuantitativamente los impactos, en términos de sus costos y beneficios ambientales. Asignar valores económicos donde sea factible.

El análisis de los impactos de los proyectos energéticos debe dividirse entre los impactos de la construcción y los de la operación. Por ejemplo, los oleoductos implican el desbroce de la tierra (p.ej., pérdida de habitat de la fauna) e impactos operacionales relacionados

con el mantenimiento del oleoducto (p.ej., uso de herbicidas). En el caso de las plantas termoeléctricas, hay los impactos de la construcción de viviendas para los trabajadores de la construcción (p.ej., la demanda de mercado por los servicios locales puede sufrir un cambio) y los impactos operacionales de la operación de la planta energética (p.ej., emisión de gases de escape y descarga de efluentes).

Caracterizar la cantidad y calidad de los datos disponibles, explicando las deficiencias significativas en la información y toda duda asociada con las predicciones del impacto. De ser posible, hacer constar los términos de referencia para estudios con el fin de obtener la información faltante. Para la información que no se pudo obtener sino después de la ejecución del proyecto, dar los términos de referencia para los estudios que monitorearán las operaciones durante un período dado de tiempo y para modificar los diseños y/o parámetros de operación, en base al análisis de impactos actualizado.

11. Tarea 5. Análisis de Alternativas para el Proyecto Propuesto. La evaluación ambiental debe incluir un análisis de las alternativas razonables para alcanzar el objetivo final del proyecto. Este análisis puede sugerir diseños que sean más sólidos, desde el punto de vista ambiental, sociocultural o económico, que el proyecto que se haya propuesto, originalmente. Incluir la alternativa de "no hacer nada" -- la de no construir el proyecto -- a fin de demostrar las condiciones ambientales sin el proyecto. Las alternativas deben incluir las siguientes: la de "no hacer nada" (mencionada anteriormente); formas alternativas de satisfacer los requerimientos energéticos; mejoramiento de las instalaciones existentes; rutas y sitios alternativos; un diseño diferente; otros métodos de construcción, incluyendo los costos y confiabilidad.

Comparar las alternativas en términos de sus potenciales impactos ambientales; costos de capital y de operación; utilidad bajo las condiciones locales (p.ej., requerimiento de destrezas, aceptabilidad política, cooperación pública, disponibilidad de repuestos, nivel de tecnología); y requisitos institucionales, de capacitación y monitoreo. Al describir los impactos de las alternativas, indicar cuáles son irreversibles o inevitables y cuáles pueden ser atenuados.

En lo posible, cuantificar los costos y beneficios de cada alternativa, incorporando los costos estimativos de toda medida atenuante correspondiente. Describir las razones para seleccionar el proyecto propuesto en vez de las otras alternativas.

12. Tarea 6. Elaboración del Plan de Manejo para Atenuar los Impactos Negativos. Recomendar medidas factibles y costo-efectivas para evitar o reducir los impactos negativos significantes hasta niveles aceptables. Incluir las medidas necesarias para tomar en cuenta los requerimientos de respuesta de emergencia en el caso de eventos fortuitos.

Calcular los impactos y costos de estas medidas, y los requisitos institucionales y de capacitación para implementarlos. Considerar la compensación de las partes afectadas para los impactos que no pueden ser atenuados. Preparar un plan de manejo, incluyendo los programas de trabajo propuestos, cálculos de presupuestos, calendarios, requisitos de personal y capacitación, y, demás servicios de apoyo necesarios para implementar las medidas atenuantes.

13. Tarea 7. Identificación de las Necesidades Institucionales para Implementar las Recomendaciones de la Evaluación Ambiental. Revisar la autoridad y capacidad de las instituciones a nivel local, provincial/regional y nacional, y recomendar pasos para fortalecerlas o ampliarlas de tal manera que puedan ser implementados los planes de manejo y monitoreo que constan en la evaluación ambiental. Las recomendaciones pueden abarcar nueva legislación y regulación, nuevas agencias o funciones, nuevos arreglos intersectoriales, procedimientos y capacitación administrativa, contratación de personal, capacitación para la operación y el mantenimiento, elaboración de presupuestos, y apoyo financiero.

14. **Tarea 8. Elaboración de un Plan de Monitoreo.** Preparar un plan detallado para controlar la implementación de las medidas atenuantes y los impactos del proyecto durante su construcción y operación. Incluir en el plan un cálculo de los costos de capital y operación, y una descripción de otros insumos (como capacitación y fortalecimiento institucional) necesarios para ejecutarlo.
15. **Tarea 9. Facilitar la Coordinación Interinstitucional y Participación del Público y de las ONG.** Ayudar a coordinar la evaluación ambiental con otras agencias gubernamentales, obtener los puntos de vista de las ONG locales y grupos afectados, y mantener registros de las reuniones y demás actividades, comunicaciones y comentarios, así como de su disposición. (Los términos de referencia deben especificar los tipos de actividades; p.ej., sesión interinstitucional de alcance, entrevistas ambientales para el personal del proyecto y los comités interinstitucionales, apoyo para las juntas consultoras del medio ambiente, foro público.)
16. **Informe.** El informe de la evaluación ambiental debe ser conciso y limitado a los problemas ambientales significativos. El texto principal debe concentrarse en los resultados, conclusiones y acciones recomendadas, apoyados por resúmenes de los datos recolectados y la referencia de toda cita empleada en interpretación de dichos datos. Los datos detallados o sin interpretación no son apropiados en el texto principal, y deben ser presentados en los apéndices o en un volumen aparte. Los documentos inéditos empleados en la evaluación pueden no ser fácilmente accesibles, y también deben ser incluidos en un apéndice. Organizar el informe de la evaluación ambiental de acuerdo con el siguiente bosquejo: (Este formato se sugiere en la Directiva Operacional 4.00, Anexo A-1; los términos de referencia pueden especificar otro diferente a fin de satisfacer los requerimientos de la agencia nacional, siempre que se cubran los temas requeridos en la directiva del Banco):
- Resumen Ejecutivo
  - Marco Político, Legal y Administrativo
  - Descripción del Proyecto Propuesto
  - Descripción del Medio Ambiente
  - Impactos Ambientales Significativos
  - Análisis de las Alternativas
  - Plan de Manejo para la Atenuación
  - Administración y Capacitación Ambiental
  - Plan de Monitoreo
  - Participación Interinstitucional, del Público y de las ONG
  - Lista de Referencias
  - Apéndices:
    - Lista de Redactores de la Evaluación Ambiental
    - Registros de Comunicaciones Interinstitucionales y con el Público y las ONG
    - Datos y Documentos Inéditos de Referencia
17. **Equipo de Consultores.** La evaluación ambiental requiere un análisis interdisciplinario. Las habilidades generales que requiere el equipo de evaluación ambiental son: planificación del manejo ambiental, socioeconomía, ecología, hidrología/hidrogeología, análisis de la calidad del aire, análisis de la calidad del agua. En el caso de un proyecto energético, el equipo del proyecto deberá incluir los especialistas correspondientes, según los componentes de dicho proyecto (p.ej., para los oleoductos costa afuera, un oceanógrafo y un biólogo marino; para las líneas de transmisión, un biólogo terrestre y un especialista en recursos culturales; para las plantas termoeléctricas, un modelador de la calidad del aire y un biólogo acuático; para los proyectos hidroeléctricos, un hidrólogo y un biólogo acuático). De ser posible, los términos de referencia deben proveer un estimado del número de semanas/meses hombre que se requieren.

18. Calendario. Esta sección especificará las fechas para la revisión del avance, los informes interinos y definitivos, y demás eventos significativos.
19. Otra Información. Incluir aquí las listas de las fuentes de datos, informes y estudios de apoyo para el proyecto, toda publicación pertinente, y demás asuntos que deben captar la atención del consultor.

## ANEXO 10-2

### Ejemplo de Términos de Referencia (TOR) Evaluación Ambiental de Instalaciones Industriales

Nota: Los números de los párrafos corresponden al Bosquejo del Ejemplo de los Términos de Referencia, del Anexo 1-3; los párrafos adicionales no son numerados.

1. **Introducción.** Esta sección debe indicar el propósito de los términos de referencia, identificar los proyectos de desarrollo industrial a ser evaluados, y explicar los arreglos para la ejecución de la evaluación ambiental. Los proyectos de desarrollo industrial incluyen, pero no se limitan, a los siguientes: plantas de producción industrial (p.ej., plantas químicas, petroquímicas, de pulpa y papel, hierro y acero, metales no ferrosos, refinación de petróleo, cemento, fertilizantes y procesamiento de alimentos); fuentes de materias primas (p.ej., minas y pozos, y las plantas correspondientes de manejo, procesamiento y almacenamiento); instalaciones de transporte de materiales primas y productos (p.ej., terminales marítimos, puertos, poliductos, carreteras, ferrocarriles); y equipos de control de la contaminación industrial (p.ej., sistemas de reducción de desperdicios, de disminución de riesgos y de respuesta de emergencia, control de emisiones atmosféricas, tratamiento de aguas servidas, eliminación de desperdicios).
2. **Antecedentes.** Antecedentes para las personas que posiblemente realicen la evaluación ambiental, sean consultores u organismos gubernamentales, incluyendo una breve descripción de los principales componentes del proyecto propuesto; una declaración de su necesidad y los objetivos que debe cumplir; la agencia ejecutora; una breve historia del proyecto (incluyendo las alternativas consideradas), su estado y plazos actuales, y la identidad de todo proyecto relacionado. En caso de existir otros proyectos en progreso o planificados dentro de la región que puedan competir por los mismos recursos, también deben ser identificados aquí.

Los siguientes son los componentes principales del proyecto industrial que se describirá en la presente, según el caso: fuentes locales y extranjeras de materias primas (p.ej., minas de roca, pozos de petróleo/gas, plantas químicas, mataderos, granjas); operaciones de procesamiento (p.ej., secuencia de flujo del proceso, continuo o intermitente, tamaño, producción); mercados anticipados para los productos (p.ej., mercados locales o extranjeros); sistemas de transporte (p.ej., carreteras, oleoductos, ferrocarriles, barcazas); sistemas de control de contaminación (p.ej., reducción de la fuente y reciclaje para reducir al mínimo los desperdicios, control de las emisiones de gases de escape, control de las emisiones de las fuentes no puntuales; tratamiento y descarga de las aguas de enfriamiento y servidas, eliminación de los desechos sólidos, prevención de derrames); suministros (p.ej., ubicación de los repuestos y químicos, rutas de transporte); personal (p.ej., número de trabajadores, habilidades requeridas); servicios (p.ej., protección contra incendios, seguridad, transporte, médicos); participación de la comunidad (p.ej., vivienda para los trabajadores durante la fase de construcción).

3. **Objetivos.** Esta sección resumirá el alcance general de la evaluación ambiental y analizará sus plazos en relación al proceso de preparación, diseño y ejecución de los proyectos. Esta sección identificará las limitaciones, si existen, relacionadas con la suficiencia de los datos de línea de base existentes para la evaluación ambiental, y las necesidades de programar la recolección adicional de datos (p.ej., durante varias temporadas) y las actividades de evaluación, de modo que no interfieran con el programa de desarrollo del proyecto.

4. **Requisitos para la Evaluación Ambiental.** Este párrafo debe identificar los reglamentos y lineamientos que regirán la ejecución de la evaluación o especificarán el contenido de su informe. Puede incluir cualquiera de los siguientes:
- Directiva Operacional del Banco Mundial 4.00, Anexo A: "Environmental Assessment", y demás Directivas Operacionales, Manuales Operacionales, Notas Políticas Operacionales y lineamientos pertinentes;
  - legislación y/o reglamentación nacional sobre los estudios ambientales y evaluaciones de impactos;
  - reglamentos para las evaluaciones ambientales a nivel regional, provincial o comunal; y
  - reglamentos para la evaluación ambiental, propias de las demás organizaciones financieras que incluya el proyecto.

Esta sección identificará las normas de diseño u operación que deberán ser tratadas por los componentes del proyecto, para que éste sea ambientalmente aceptable. Esto incluirá, por ejemplo, limitaciones en cuanto a la descarga de efluentes, normas que controlan las emisiones atmosféricas, normas de calidad para las aguas de recepción, y requerimientos con respecto a la salud y seguridad ocupacional.

5. **Area del Estudio.** Especificará los límites del área de estudio para la evaluación. Donde sea apropiado, especificar la anchura y alineamiento del derecho de vía para las oleoductos o corredores de transporte de las materias primas o productos. Para los proyectos que contemplen el desarrollo de minas y pozos de petróleo/gas, incluir los límites de los yacimientos minerales o de petróleo.

Si existen áreas cercanas o remotas que deberían ser consideradas con respecto a los impactos de ciertos aspectos del proyecto, identificarlas. Por ejemplo, si los productos intermedios de una operación de procesamiento han de fabricarse en instalaciones remotas, se debe identificarlas. (p.ej., identificar las fuentes de suministro de los químicos intermedios para una planta farmacéutica), porque la demanda adicional de suministros para esta instalación aislada puede provocar un impacto ambiental en el área remota.

6. **Alcance de la Obra.** En algunos casos, las tareas a ser realizadas por parte de un consultor serán conocidas con suficiente certeza como para ser completamente especificadas en los términos de referencia. En otros casos, las deficiencias en la información habrán de ser compensadas o se habrá que realizar estudios especializados de campo o actividades de diseño para evaluar los impactos, y se pedirá al consultor definir en mayor detalle las tareas particulares para la revisión y aprobación por parte del organismo contratante.
7. **Tarea 1. Descripción del Proyecto Propuesto.** Proveer información sobre lo siguiente: ubicación de todos los sitios de desarrollo y derechos de vía que se relacionan con el proyecto; disposición general de las instalaciones en los sitios de desarrollo que estén relacionados con el proyecto; diagramas de flujo de las plantas/operaciones; base, tamaño, capacidad, caudal de las operaciones unitarias del diseño; actividades previas a la construcción; actividades de construcción; calendario; contratación de personal e instalaciones/servicios de apoyo; actividades de operación y mantenimiento, contratación de personal e instalaciones/servicios de apoyo; actividades de reclamación, p.ej., en los proyectos de extracción minera; inversiones requeridas fuera del sitio; y esperanza de vida de los componentes principales.

Proveer mapas de escala apropiada para ilustrar la distribución general de los sitios y derechos de vía que se relacionan con el desarrollo del proyecto, así como las áreas circundantes que probablemente sean afectadas, con respecto al medio ambiente. Estos mapas deberán incluir los contornos topográficos que están disponibles, así como la

ubicación de todas las extensiones de agua, caminos, ferrocarriles, centros poblacionales, parques y reservas, y los límites políticos. Proveer también, según su disponibilidad, los mapas que indiquen el uso actual de la tierra.

8. **Tarea 2. Descripción del Medio Ambiente.** Reunir, evaluar y presentar datos de línea de base sobre los rasgos pertinentes del medio ambiente en el área de estudio. Incluir información sobre todo cambio anticipado antes de iniciar el proyecto.

Medio físico: geología (p.ej., estratigrafía y estructura de los yacimientos petrolíferos, historia sísmica de las áreas de los tanques de almacenamiento, integridad de las capas geológicas que protegen las fuentes de agua freática); topografía (p.ej., modelos de drenaje de las áreas de construcción, paisaje alrededor de las instalaciones); suelos (p.ej., valor agrícola, uso potencial para revestir o cubrir los depósitos de desechos); clima y meteorología (p.ej., vientos predominantes alrededor de las chimeneas, modelos de precipitación en los depósitos de los desechos); calidad del aire ambiental (habilidad para absorber las emisiones y cumplir con las normas de calidad del aire); hidrología superficial (p.ej., los recursos que se encuentran aguas abajo de los reservorios, erosión del suelo y riesgo de sedimentación, riesgo potencial de inundación); fuentes de agua (p.ej., suficiencia de los recursos hídricos); parámetros costaneros y oceánicos (p.ej., corrientes en las áreas de los amarraderos, potencial de dispersión en los sitios de descarga de efluentes); calidad del agua de recepción (notar la contribución de las fuentes importantes de contaminantes del área, si existen); importantes fuentes existentes de emisiones en el área y posibilidades de mitigarlas.

Medio biológico: flora y fauna; especies raras o en peligro de extinción dentro o cerca de los sitios y derechos de vía del proyecto; habitats frágiles, incluyendo humedales, parques y reservas, sitios naturales significativos dentro de las áreas o derechos de vía, aguas/cuesta abajo del desarrollo que se relacionen con el proyecto; especies de importancia comercial en el área afectada por el proyecto, incluyendo las áreas costaneras de las instalaciones portuarias.

Medio sociocultural (incluir el medio actual y proyectado donde sea apropiado): población (es decir, permanente y temporal); uso de la tierra (p.ej., todo el año y temporal); actividades de desarrollo planificadas; estructura comunitaria; empleo y el mercado de mano de obra; distribución de los ingresos, bienes y servicios; recreación; salud pública; educación; patrimonio cultural (p.ej., sitios de importancia arqueológica e histórica); pueblos indígenas y tierras tribales tradicionales; costumbres, aspiraciones y actitudes.

9. **Tarea 3. Consideraciones Legislativas y Normativas.** Describir los reglamentos y las normas pertinentes que rigen la calidad del ambiente, la salud y seguridad, la protección de áreas frágiles, la protección de especies en peligro de extinción, la ubicación, el control del uso de la tierra, etc., a nivel internacional, nacional, regional y local (Los términos de referencia deben especificar los que son conocidos y requerir que el consultor investigue otros).
10. **Tarea 4. Determinación de los Potenciales Impactos del Proyecto Propuesto.** Identificar todos los cambios significativo que el proyecto puede atraer. Estos incluirían los cambios en los siguientes aspectos, pero sin limitarse a estos: oportunidades de empleo, efluentes, emisiones atmosféricas, desechos sólidos, uso de la tierra, infraestructura, exposición a enfermedades, riesgos de peligros industriales, ruido, tráfico, comportamiento sociocultural. Evaluar los impactos de los cambios causados por el proyecto, según las condiciones ambientales de línea de base, que se presentaron bajo la Tarea 2.

En este análisis, distinguir entre los impactos significativos positivos y negativos, directos e indirectos, inmediatos y de largo alcance. Identificar los impactos que son inevitables o irreversibles. Donde sea posible, describir cuantitativamente los impactos,

en términos de sus costos y beneficios ambientales. Asignar valores económicos donde sea factible.

El análisis de los impactos de los proyectos industriales debe dividirse entre los impactos de la construcción y los de la operación. Por ejemplo, los oleoductos implican el desbroce de la tierra (p.ej., pérdida de hábitat de la fauna) e impactos operacionales relacionados con el mantenimiento del oleoducto (p.ej., uso de herbicidas). En el caso de las minas, hay impactos potenciales de la construcción debido al desbroce de la tierra (p.ej., pérdida de la tierra para otros usos, como agricultura), impactos operacionales del manejo de los materiales (p.ej., polvo de la extracción y trituración, eliminación de relaves), y reclamación (p.ej., devolver la tierra a su estado original). Para las plantas de fabricación industrial, hay los impactos de la construcción de viviendas para los trabajadores de la construcción (p.ej., la demanda de mercado por los servicios locales sufre un cambio) y los impactos operacionales de los procesos (p.ej., emisión de gases de escape y descarga de efluentes, ruido, peligros industriales).

Evaluar el riesgo de los peligros industriales potenciales (p.ej., derrames casuales, incendios, explosiones, falla estructural de los diques, emanaciones de gases). Considerar la habilidad de la comunidad para proveer los servicios de respuesta de emergencia frente a los peligros industriales potenciales. Considerar la capacidad de la comunidad para proveer servicios médicos en el caso de una emergencia. En base a lo anterior, evaluar los impactos potenciales.

Caracterizar la cantidad y calidad de los datos disponibles, explicando las deficiencias significativas en la información y toda duda asociada con las predicciones del impacto. De ser posible, hacer constar los términos de referencia para estudios con el fin de obtener la información faltante. Para la información que no se pudo obtener sino después de comenzar la ejecución del proyecto, dar los términos de referencia para los estudios que monitorearán las operaciones durante un período dado de tiempo y para modificar los diseños y/o parámetros de operación, en base al análisis de impactos actualizado.

11. Tarea 5. Análisis de Alternativas para el Proyecto Propuesto. La evaluación ambiental debe incluir un análisis de las alternativas razonables para alcanzar el objetivo final del proyecto. Este análisis puede sugerir diseños que sean más sólidos, desde el punto de vista ambiental, sociocultural o económico, que el proyecto que se haya propuesto, originalmente. El concepto de las alternativas incluye la selección del sitio, diseño, combustibles, materias primas, y tecnología; técnicas de construcción y programas de trabajo; y procedimientos de operación y mantenimiento. Incluir la alternativa de "no hacer nada" -- la de no construir el proyecto -- a fin de demostrar las condiciones ambientales sin el proyecto. Las alternativas deben incluir las siguientes: la de "no hacer nada" (mencionada anteriormente); formas alternativas de satisfacer los requerimientos para los productos industriales; la alternativa de mejorar las instalaciones existentes; rutas y sitios alternativos; un diseño diferente; otros métodos de construcción, incluyendo los costos y confiabilidad.

Comparar las alternativas en términos de sus potenciales impactos ambientales; costos de capital y de operación; utilidad bajo las condiciones locales (p.ej., requerimiento de destrezas, aceptabilidad política, cooperación pública, disponibilidad de repuestos, nivel de tecnología); y requisitos institucionales, de capacitación y monitoreo. Al describir los impactos de las alternativas, indicar cuáles son irreversibles o inevitables y cuáles pueden ser atenuados.

En lo posible, cuantificar los costos y beneficios de cada alternativa, incorporando los costos estimativos de toda medida atenuante correspondiente. Describir las razones para seleccionar el proyecto propuesto en vez de las otras alternativas.

12. **Tarea 6. Elaboración del Plan de Manejo para Atenuar los Impactos Negativos.** Recomendar medidas factibles y costo-efectivas para evitar o reducir los impactos negativos significantes hasta niveles aceptables. Incluir las medidas necesarias para tomar en cuenta los requerimientos de respuesta de emergencia en el caso de eventos fortuitos (p.ej., rupturas, fugas, accidentes de los camiones o buques tanques, incendios, explosiones), según sea apropiado. Calcular los impactos y costos de estas medidas, y los requisitos institucionales y de capacitación para implementarlos. Considerar la compensación de las partes afectadas para los impactos que no pueden ser atenuados. Preparar un plan de manejo, incluyendo los programas de trabajo propuestos, cálculos de presupuestos, calendarios, requisitos de personal y capacitación, y, demás servicios de apoyo necesarios para implementar las medidas atenuantes.
13. **Tarea 7. Identificación de las Necesidades Institucionales para Implementar las Recomendaciones de la Evaluación Ambiental.** Revisar la autoridad y capacidad de las instituciones a nivel local, provincial/regional y nacional, y recomendar pasos para fortalecerlas o ampliarlas de tal manera que puedan ser implementados los planes de manejo y monitoreo que constan en la evaluación ambiental. Las recomendaciones pueden abarcar nueva legislación y regulación, nuevas agencias o funciones, nuevos arreglos intersectoriales, procedimientos y capacitación administrativa, contratación de personal, capacitación para la operación y el mantenimiento, elaboración de presupuestos, y apoyo financiero.
14. **Tarea 8. Elaboración de un Plan de Monitoreo.** Preparar un plan detallado para controlar la implementación de las medidas atenuantes y los impactos del proyecto durante su construcción y operación. Incluir en el plan un cálculo de los costos de capital y operación, y una descripción de otros insumos (como capacitación y fortalecimiento institucional) necesarios para ejecutarlo.
15. **Tarea 9. Facilitar la Coordinación Interinstitucional y Participación del Público y de las ONG.** Ayudar a coordinar la evaluación ambiental con otras agencias gubernamentales, obtener los puntos de vista de las ONG locales y grupos afectados, y mantener registros de las reuniones y demás actividades, comunicaciones y comentarios, así como de su disposición. (Los términos de referencia deben especificar los tipos de actividades; p.ej., sesión interinstitucional de alcance, entrevistas ambientales para el personal del proyecto y los comités interinstitucionales, apoyo para las juntas consultoras del medio ambiente, foro público.)
16. **Informe.** El informe de la evaluación ambiental debe ser conciso y limitado a los problemas ambientales significativos. El texto principal debe concentrarse en los resultados, conclusiones y acciones recomendadas, apoyados por resúmenes de los datos recolectados y la referencia de toda cita empleada en interpretación de dichos datos. Los datos detallados o sin interpretación no son apropiados en el texto principal, y deben ser presentados en los apéndices o en un volumen aparte. Los documentos inéditos empleados en la evaluación pueden no ser fácilmente accesibles, y también deben ser incluidos en un apéndice. Organizar el informe de la evaluación ambiental de acuerdo con el siguiente bosquejo: (Este formato se sugiere en la Directiva Operacional 4.00, Anexo A-1; los términos de referencia pueden especificar otro diferente a fin de satisfacer los requerimientos de la agencia nacional, siempre que se cubran los temas requeridos en la directiva del Banco):
  - Resumen Ejecutivo
  - Marco Político, Legal y Administrativo
  - Descripción del Proyecto Propuesto
  - Descripción del Medio Ambiente
  - Impactos Ambientales Significativos
  - Análisis de las Alternativas
  - Plan de Manejo para la Atenuación
  - Administración y Capacitación Ambiental

- Plan de Monitoreo
- Participación Interinstitucional, del Público y de las ONG
- Lista de Referencias
- Apéndices:
  - Lista de Redactores de la Evaluación Ambiental
  - Registros de Comunicaciones Interinstitucionales y con el Público y las ONGs
  - Datos y Documentos Inéditos de Referencia

17. **Equipo de Consultores.** La evaluación ambiental requiere un análisis interdisciplinario. Las habilidades generales que requiere el equipo de evaluación ambiental son: planificación del manejo ambiental, socioeconomía, ecología, hidrología/hidrogeología, análisis de la calidad del aire, análisis de la calidad del agua. En el caso de un proyecto industrial, el equipo del proyecto deberá incluir los especialistas correspondientes, según los componentes de dicho proyecto (p.ej., para puertos marítimos, un oceanógrafo y un biólogo marino; para los oleoductos, un biólogo terrestre y un especialista en recursos culturales; para las plantas de fabricación industrial, un ingeniero industrial de procesos, y un especialista en la calidad del aire; para el tratamiento de las aguas servidas industriales, un ingeniero civil/sanitario y un biólogo acuático). De ser posible, los términos de referencia deben proveer un estimado del número de semanas/meses hombre que se requieren.
18. **Calendario.** Esta sección especificará las fechas para la revisión del avance, los informes interinos y definitivos, y demás eventos significativos.
19. **Otra Información.** Incluir aquí las listas de las fuentes de datos, informes y estudios de apoyo para el proyecto, toda publicación pertinente, y demás asuntos que deben captar la atención del consultor.

## ABREVIATURAS / SIGLAS

°C	Celsius (Centígrado)
°F	Farenheit
ACDI	Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional
AGR	Asesor Sociológico
AICE	American Institute of Chemical Engineers
AID	Agencia Internacional de Desarrollo (de los Estados Unidos) (ver USAID)
AIF	Asociación Internacional de Fomento
API	Instituto Norteamericano de Petróleo
ASEAN	Asociación de Naciones del Asia Sudoriental
ATL	Nivel del Umbral de Acción
BAfD	Banco Africano de Desarrollo
BA5D	Banco Asiático de Desarrollo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
BOD	Demanda de Oxígeno Bioquímico
BOD <sub>5</sub>	Demanda de Oxígeno Bioquímico durante Cinco Días
BOOT	Construir-Poseer-Operar-Transferir
BOT	Construir-Operar-Transferir
BTO	Reporte al Regresar a la Oficina
C	Carbono
CAC/SCN	Comité Administrativo de Coordinación/Subcomité de Nutrición (de la ONU)
CBA	Análisis de Costos y Beneficios
CD	Departamento Nacional
CECC	Comité Coordinador del Otorgamiento de Crédito
CEE	Comunidad Económica Europea
CESPAP	Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico
CFC	Clorofluorocarbonos
CFR	Código de Reglamentos Federales
CGIAR	Grupo Consultor en Investigación Agrícola Internacional
CH <sub>4</sub>	Metano
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Flora y Fauna Silvestre (de la ONU)
CMEA	Consejo de Ayuda Económica Mutua
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COD	Demanda de oxígeno químico
COD	División de Operaciones para le País
CSI	Instituto de Especificaciones para la Construcción
CSP	Documento Estratégico del País
DANIDA	Agencia Danés de Desarrollo Internacional
DAP	Fosfato diamónico
dB	decibel
DCCI	Comisión de Desarrollo de la Industria de Cemento (India)
DFI	Institución para el Financiamiento del Desarrollo
DMG	Lineamientos para el Manejo de Tierras Secas
DNA	Acido ribonucleico
EA	Evaluación Ambiental
EA OD	Directiva Operacional para Evaluación Ecológica
EAPs	Planes de Acción Ecológica
EAR	Reporte de la Evaluación Ecológica
EBRD	Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo
EC	Comunidades Europeas
ECU	Unidad monetaria europea
EDF	Fondo Europeo para el Desarrollo

<b>EDI</b>	Instituto del Banco Mundial para el de Desarrollo Económico
<b>EDP</b>	Producto Interno Bruto con Ajuste Ecológico
<b>EIB</b>	Banco Europeo de Inversión
<b>EIP</b>	Documento de los Temas Ecológicos
<b>EMF</b>	Campo Electromagnético
<b>ENV</b>	Departamento para el Medio Ambiente
<b>EPA</b>	Agencia (de los Estados Unidos) para la Protección del Medio Ambiente (ver USEPA)
<b>EPD</b>	Departamento de Protección del Medio Ambiente
<b>EPS</b>	Resumen Ejecutivo del Proyecto
<b>ER</b>	Análisis Ecológico
<b>ERL</b>	Préstamo Emergente para Reconstrucción
<b>ERL</b>	Préstamo Emergente para Recuperación
<b>ERR</b>	Tasa Económica de Retorno
<b>ESMAP</b>	Programa de Ayuda para el Manejo del Sector Energético
<b>EXTIE</b>	División de Relaciones Económicas Internacionales del Departamento de Asuntos Exteriores (Banco Mundial)
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FEPA</b>	Agencia Federal (de Nigeria) para la Protección del Medio Ambiente
<b>FEPS</b>	Resumen Ejecutivo Definitivo del Proyecto
<b>FI</b>	Intermediario Financiero
<b>FIDA</b>	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (ONU)
<b>FIL</b>	Préstamo a través de un Intermediario Financiero
<b>FINNIDA</b>	Departamento Finlandés de Cooperación Internacional para el Desarrollo
<b>FMI</b>	Fondo Monetario Internacional
<b>FMWH</b>	Ministerio Federal de Obras Públicas y Vivienda
<b>FY</b>	Año Fiscal
<b>GATT</b>	Acuerdo General (de la ONU) sobre los Aranceles y el Comercio Exterior
<b>GEF</b>	Instalación Global para el Medio Ambiente
<b>GLC</b>	concentración al nivel del suelo
<b>GNP</b>	Producto Nacional Bruto
<b>GOI</b>	Gobierno de la India
<b>GOR</b>	Gobierno de Ruanda
<b>GTZ</b>	Agencia Alemana para la Cooperación Técnica
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Sulfuro de hidrógeno
<b>ha</b>	hectárea
<b>HABITAT</b>	Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos
<b>HHS</b>	Departamento (de los Estados Unidos) de Servicios Humanos y la Salud
<b>ICCROM</b>	Centro Internacional para el Estudio de la Preservación y Restauración del Patrimonio Cultural
<b>ICICI</b>	Corporación Industrial de Crédito e Inversión de la India Limitada
<b>ICOMOS</b>	Comité Internacional de Monumentos y Sitios
<b>IDBI</b>	Banco de Fomento Industrial de la India
<b>IEC</b>	Información, Educación y Comunicación
<b>IEPS</b>	Resumen Ejecutivo Inicial del Proyecto
<b>IFC</b>	Corporación Financiera Internacional del Banco Mundial
<b>IIED</b>	Instituto Internacional de Desarrollo Económico
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
<b>IPM</b>	Control Integral de Plagas
<b>ITTO</b>	Organización Internacional de Madera Tropical
<b>IUCN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales
<b>km</b>	kilómetro
<b>km<sup>2</sup></b>	kilómetro cuadrado
<b>KV</b>	kilovoltios
<b>kW</b>	kilovatios
<b>m</b>	metro

MAP	Fosfato monoamónico
MIGA	Agencia Multilateral del Banco Mundial para Garantizar Inversiones
	Miniplan Ministerio de Planificación
mm	milímetro
MOE	Ministerio para la Protección del Medio Ambiente
MOP	Memorándum del Presidente
MOS	Resumen Mensual de Operación
MW	Megavatios
N <sub>2</sub> O	Oxido Nitroso
NEAP	Plan Nacional de Acción para el Medio Ambiente
NEC	Comisión Nacional para el Medio Ambiente
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional
NORAD	Agencia Noruega de Desarrollo Internacional
NO <sub>x</sub>	Oxidos de Nitrógeno
O, O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	Oxígeno
O/G	Aceite y grasa
OAU	Organización para Unidad Africana
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OD	Directiva Operacional
ODA	Organismo para el Desarrollo de Ultramar (Reino Unido)
OED	Departamento para la Evaluación de las Operaciones
OIEC	Organización para la Cooperación Internacional
OIT	Organización Internacional de Trabajo (ONU)
OMI	Organización Marítima Internacional
OMS	Declaración del Manual de Operación
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no Gubernamental
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OPN	Nota de la Política Operativa
OPNSV	Vicepresidente Superior, Operaciones
PB	Resumen del Proyecto
PCB	bifinilos policlorados
PCR	Reporte de la Finalización del Proyecto
PEPA	Agencia de Paquistán para la Protección del Medio Ambiente
pH	medida de la acidez o la alcalinidad (escala logarítmica de 0-14, 7 = neutro, ≤7 = mayor acidez, ≥ 7 = mayor alcalinidad)
PHN	Departamento de Población, Salud y Nutrición (Banco Mundial)
PI/ER	Inversión Pública/Análisis de los Gastos
PIB	Producto Interno Bruto
PIDs	Departamentos Provinciales de Riego
PIP	Programa de Inversión Pública
PIR	Análisis de la Implementación de los Proyectos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POPTR	Departamento Operativo de Personal, División de Capacitación
ppb	partes por billón
PPF	Organismo para la Preparación de Proyectos
PPR	Reporte del Desempeño del Proyecto
PR	Reporte del Presidente
PRC	República Popular de China
PRE	Política, Investigación y Asuntos Exteriores
R&D	Investigación y Desarrollo
RED	División Regional del Medio Ambiente
ROW	Servidumbre de Paso
RVP	Vicepresidente Regional
SAL	Crédito para el Ajuste Estructural
SAL	Préstamo para el Ajuste Estructural

SAR	Reporte de Evaluación del Personal
SCBA	Análisis de Costos y Beneficios Social
SDC	Corporación Suiza de Desarrollo
SECAL	Préstamo para Ajuste Sectorial
SIDA	Agencia Sueca de Desarrollo Internacional
SNA	Sistema de Cuentas Nacionales
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
SOD	División de Operaciones Sectoriales
SO <sub>x</sub>	Oxidos de azufre
SPPF	Organismo para la Preparación de Proyectos Especiales
SPRIE	División de Relaciones Económicas Internacionales del Departamento de Planificación Estratégica
STEL	Límite de Exposición a Corto Plazo
TAL	Préstamo para Ayuda Técnica
TDS	Sólidos Totales Disueltos
TFAP	Plan de Acción para el Bosque Tropical
TIR	Tasa Interna de Retorno
TLV	Valores del Límite del Umbral
TM	Director de Trabajo
TMA	Promedio ponderado por el tiempo
TOC	Carbono Orgánico Total
TOR	Términos de Referencia
TSD	Sitio para y Almacenamiento y Eliminación de los Desperdicios Tóxicos
TSP	Partículas Totales Suspendidas
TSS	Sólidos Totales Suspendidos
UNDRO	Organización de las Naciones Unidas para Socorro en Caso de Desastres
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UNSO	Oficina de las Naciones Unidas para Estadísticas
USACE	Cuerpo de Ingenieros de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos
USAID	Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (ver AID)
USEPA	Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente (ver EPA)
VAN	Valor Actual Neto
WAPDA	Organización para el Desarrollo de los Recursos Hídricos y Energéticos
WMA	Area de Control de las Tierras Silvestres
WUAs	Asociaciones de Usuarios de los Recursos Hídricos

# EVALUACION AMBIENTAL

## Una Guía Para Mayor Lectura

- Abel, N., y M. Stocking. 1981. "The Environmental Assessment Experience of Underdeveloped Countries." En Project Appraisal and Policy Review, editado por T. O'Riordan y W. R. D. Sewell. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- \_\_\_\_\_. 1990. Environmental Risk Assessment: Dealing with Uncertainty in Environmental Impact Assessment. Boletín Ecológico No. 7. Manila, Filipinas: Oficina del Medio Ambiente.
- Ahmad, Y. J., y G. K. Sammy. 1985. Guide to Environmental Impact Assessment in Developing Countries. Londres: Hodder and Stroughton (para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).
- \_\_\_\_\_. 1987. Orientaciones para la Evaluación del Impacto Ambiental en los Países en Desarrollo. Nairobi, Kenya: PNUMA (también en francés).
- American Arbitration Association. 1980. Improving EIA Scoping. Washington, D.C.
- American Society of Civil Engineers. 1989. Guidelines for Planning and Designing Hydroelectric Developments. Volume I: Planning, Design of Dams and Related Topics, and Environmental. Nueva York: ASCE.
- \_\_\_\_\_. 1989. Guidelines for Planning and Designing Hydroelectric Developments. Volume II: Waterways. Nueva York: ASCE.
- Anderson, A., editor. 1990. Alternatives to Deforestation. Nueva York: Columbia University Press.
- Andrews, R. N. L., y otros. 1977. Substantive Guidance for Environmental Impact Assessment: An Exploratory Study. Indianapolis, Indiana: Butler University, Holcomb Research Institute and the Institute of Ecology.
- Anon, 1988. "The International Development of Environmental Impact Assessment." The Environmentalist 8(2):143.
- \_\_\_\_\_. 1988. "Transportation Elements of Environmental Impact Assessments and Reports." Institute of Transportation Engineering Journal 58(6):69-76.
- Banco Asiático de Desarrollo. 1986. Environmental Guidelines for Selected Infrastructure Projects. 1 Volumen. Manila, Filipinas: Infrastructure Department, Environmental Unit.
- \_\_\_\_\_. 1988e. Guidelines for Integrated Regional Economic-Environmental Development Planning: A Review of Regional Environmental Development Planning Studies in Asia. Ponencia No. 3, Volumen I: Lineamientos. Manila, Filipinas.
- \_\_\_\_\_. 1988f. Guidelines for Integrated Regional Economic-Environmental Development Planning: A Review of Regional Environmental Development Planning Studies in Asia. Ponencia No. 3, Volumen II: Estudios de Caso. Manila, Filipinas.
- \_\_\_\_\_. 1987. Handbook on the Use of Pesticides in the Asia-Pacific Region. Manila, Filipinas.
- Asociación de Naciones del Asia Sudoriental. 1985. Report of Workshop on the Evaluation of Environmental Impact Assessment Applications in ASEAN Countries. Bandung, Indonesia.

- Ayanda, J. O. 1988. "Incorporating Environmental Impact Assessment in the Nigerian Planning Process: Need and Procedure." Third World Planning Review 10:51-64 (R.U.).
- Banco Mundial. 1991. Country Capacity to Conduct Environmental Assessments in Sub-Saharan Africa. Technical Department, Africa Region. Documento de Trabajo No. 1 de la División del Medio Ambiente. Banco Mundial, Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_. 1990. Environmental Health Components for Water Supply, Sanitation and Urban Projects. Boletín Técnico No. 121 del Banco Mundial. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- \_\_\_\_\_. 1985. Environment, Health and Safety Guidelines for Use of Hazardous Materials in Small and Medium Scale Industries. Environment Department. Washington D.C.: Banco Mundial.
- \_\_\_\_\_. 1988. Environmental Industrial Waste Control Guidelines. Environment Department. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Barbier, E.B. 1990. "Alternative Approaches to Economic-Environmental Interactions." Ecology Economics 2:7-26.
- \_\_\_\_\_. 1989. Economics, Natural Resource Scarcity and Development: Conventional and Alternative Views. Londres: Earthscan Publications Ltd.
- \_\_\_\_\_. 1988. "Economic Valuation of Environmental Impacts." Project Appraisal 3:143-150.
- \_\_\_\_\_. 1991. "Environmental Sustainability and Cost-Benefit Analysis." Environmen and Planning 22:1259-1266.
- Barbier, E. B., A. Markandya, y D. W. Pearce. 1990. "Sustainable Agricultural Development and Project Appraisal." European Review of Agrarian Economics 17(2): 181-196.
- Barrett, B. P. D., y R. Therivel. 1990. Environmental Policy and Impact Assessment in Japan. Londres, Reino Unido: Routledge (en imprenta).
- Bartlett, R. V., editor. 1989. Policy through Impact Assessment: Institutionalized Analysis as a Policy Strategy. Nueva York: Greenwood.
- Bauchum, R. G. 1985. Needs Assessment Methodologies in the Development of Impact Statements. Monticello, Illinois: Vance Bibliographies.
- Becker, D. S., y J. W. Armstrong. 1988. "Development of Regionally Standardized Protocols for Marine Environmental Studies." Marine Pollution Bulletin 19(7):310-313.
- Becker, H. A., y A. L. Porter, editores. 1986. Methods and Experiences in Impact Assessment. Atlanta, Georgia: International Association for Impact Assessment.
- Bellia, V., y E. D. Bidone. 1990. Rodovias, Recursos Naturais e Meio Ambiente. Río de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas e Rodagem.
- Bendix, S., y H. R. Graham, editores. 1986. Environmental Assessment: Approaching Maturity. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science.
- Bisset, R. 1980. "Methods for Environmental Impact Analysis: Recent Trends and Future Prospects." Journal of Environmental Management 11:27-43.

- \_\_\_\_\_. 1984. "Post Development Audit to Investigate the Accuracy of Environmental Impact Predictions." Zeitschrift für Umweltpolitik 7:463-484.
- Biswas, A. K., y Qu Geping [Chu, Ko-Ping], editores. 1987. Environmental Impact Assessment for Developing Countries. Oxford, Reino Unido: Tycooly International (por la United Nations University).
- Bochniarz, Z., y A. Kassenberg. 1985. Environmental Protection by Integrated Planning. Varsovia, Polonia: Economic and Social Problems of Environmental Planning and Processing.
- Bojo, J., K-G Maler, y L. Unemo. 1988. Economic Analysis of Environmental Consequences of Development Projects. Estocolmo, Suecia: The Economic Research Institute, Stockholm School of Economics.
- Bowden, M-A, y F. Curtis. 1988. "Federal EIA in Canada: EARP as an Evolving Process." Environmental Impact Assessment Review 8(1):97-106.
- Bowonder, B., y S. S. Arvind. 1989. "Environmental Regulations and Litigation in India." Project Appraisal 4:182-196.
- Bregha, F. y otros. The Integration of Environmental Consideration into Governmental Policy. Hull, Quebec: Canadian Environmental Assessment Research Council.
- Burkhardt, D. F., y W. H. Ittelson, editores. 1978. Environmental Assessment of Socioeconomic Systems. Nueva York: Plenum.
- Cable, T. T., V. Brack, y V. R. Holmes. 1989. "Simplified Method for Wetland Habitat Assessment." Environmental Management 13:207-13.
- Cairns, J., y T. V. Crawford, editores. 1991. Integrated Environmental Management. Chelsea, Michigan: Lewis Publishers.
- Campbell, M. J. 1990. New Technology and Rural Development: The Social Impact. Londres, Reino Unido: Routledge.
- Canter, L. W. 1977. Environmental Impact Assessment. Nueva York: McGraw-Hill.
- \_\_\_\_\_. 1985. Environmental Impact of Water Resources Projects. Chelsea, Michigan: Lewis Publishers.
- \_\_\_\_\_. 1982. The Status of Environmental Impact Assessment in Developing Countries. Norman: University of Oklahoma, Environment and Ground Water Institute.
- Canter, L. W., y L. G. Hill. 1981. Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science.
- Carley, M. J., y E. O. Derow. 1983. Social Impact Assessment: A Cross-Disciplinary Guide to the Literature. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Carley, M. J. y E. S. Bustelo. 1984. Social Impact Assessment: A Guide to the Literature. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Carpenter, R. A., y J. E. Maragos. 1989. How to Assess Environmental Impacts on Tropical Islands and Coastal Areas: A Training Manual Honolulu, Hawaii: East-West Center, Environment and Policy Institute.

- Center for Environmental Management and Planning. 1986. The EEC Environmental Assessment Directive: Towards Implementation. Escocia: Aberdeen University and the United Kingdom Department of Environment.
- Child, R. D. y otros. 1987. Arid and Semi-Arid Rangelands: Guides for Development. Natural Resources Expanded Information Base Project. Morrelton, Arkansas: Winrock International.
- Chironis, N.P., editor. 1980. Training Manual for Miners. New York: McGraw-Hill.
- Clark, B. D. y otros. 1981. A Manual for the Assessment of Major Development Proposals. Londres, Reino Unido: HMSO.
- Clark, B. D., R. Bisset, y P. Wathern. 1980. Environmental Impact Assessment: A Bibliography with Abstracts. Londres, Reino Unido: Mansell Publishers.
- Clark, B. D. y otros, editores. 1984. Perspectives on Environmental Impact Assessment. Dordrecht, Los Países Bajos: Riedel.
- Clark, M., y J. Herrington, editores. 1988. The Role of Environmental Assessment in the Planning Process. Londres, Reino Unido: Mansell Publishers.
- Cohrssen, J. J., y V. T. Covello. 1989. Risk Analysis: A Guide to Principles and Methods for Analyzing Health and Environmental Risks. Washington, D.C.: Council on Environmental Quality.
- Conway, G. 1986. Agroecosystem Analysis for Research and Development. Bangkok, Tailandia: Winrock International Institute for Agricultural Development.
- Conway, G. R. editor. 1986. The Assessment of Environmental Problems. Londres, Reino Unido: Imperial College, Centre for Environmental Technology.
- Cook, P. L. 1983. A Review of Recent Research on the Utility of Environmental Impact Assessment. Chania, Crete: Environmental Impact Assessment Symposium.
- \_\_\_\_\_. 1979. Costs of Environmental Impact Statements and the Benefits they Yield to Improvements in Projects and Opportunities for Public Involvement. Villach, Austria: Economic Commission for Europe.
- Covello, V. T. y otros, editores. 1985. Environmental Impact Assessment and Risk Analysis: Contributions from the Psychological and Decision Sciences. Nueva York: Springer Publishing Company.
- Daly, H. E., y J. B. Cobb. 1989. For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future. Boston, Massachusetts: Beacon Press.
- Davies, G. S., y F. G. Muller. 1983. A Handbook on Environmental Assessment for Use in Developing Countries. Nairobi, Kenya: PNUMA.
- DeJongh, P. E. 1985. Environmental Impact Assessment: Methodologies, Prediction and Uncertainty. Utrecht, Los Países Bajos: IAIA Congress.
- \_\_\_\_\_. 1985. Technical Aspects of Training in Environmental Impact Assessment, with Emphasis on Ecological Impacts. Los Países Bajos: European Institute for Public Administration.

- Derman, W., y S. Whiteford. 1985. Social Impact Analysis and Development Planning in the Third World. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Dixon, J. D. y otros, editores. 1988. Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects. Londres/Manila: Earthscan Publications Ltd. y el Banco Asiático de Desarrollo.
- Draggan, S., J. J. Cohrsson, y R. E. Morrison, editores. 1987. Environmental Monitoring Assessment and Management. Nueva York: Praeger.
- Duinker, P. N. 1989. "Ecological Efforts Monitoring in Environmental Impact Assessment: What Can It Accomplish?" Environmental Management 13:797-805.
- Eberhardt, L. L. 1976. "Quantitative Ecology and Impact Assessment." Journal of Environmental Management 4:27-70.
- Economic Commission for Europe. 1990. Post-Project Analysis for Environmental Impact Analysis. Nueva York: Naciones Unidas.
- Elkin, T. J., y P. G. R. Smith. 1988. "What is a Good Environmental Impact Statement? Reviewing Screening Reports from Canada's National Parks." Journal of Environmental Management 26(1):71-89.
- Elking-Savatsky, P. D. 1986. Differential Social Impacts of Rural Resource Development. Boulder, Colorado: Westview Press.
- England, R.W., y E.P. Mitchell. 1990. "Federal Regulation and Environmental Impact of the U.S. Nuclear Power Industry, 1973-1984." Natural Resources Journal 30:537-539.
- Environmental Resources Limited. 1990. Environmental Assessment Procedures in the U.N. System. A Study prepared at the request of the United Nations System. Londres, Reino Unido
- Erikson, P. A. 1979. Environmental Impact Assessment: Principles and Applications. Nueva York: Academic Press.
- Evans, J. 1982. Plantation Forestry in the Tropics. Oxford, Reino Unido: Clarendon Press.
- Evers, F. W. R. 1986. "Environmental Assistance and Development Assistance: The Work of OECD." En Methods and Experiences in Impact Assessment. editado por H. A. Becker y A. L. Porter. Atlanta, Georgia: International Association for Impact Assessment.
- Finnish Department of International Development Cooperation. 1989. "Guidelines for Environmental Assessment in Development Assistance." (Borrador). Finlandia.
- Finsterbusch, K., J. Ingersoll, y L. G. Llewellyn. 1990. Methods for Social Analysis in Developing Countries. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Finsterbusch, K., y C. P. Wolfe, editores. 1977. Methodology of Social Impact Assessment. Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson and Ross.
- Flavin, C. 1988. "The Case Against Reviving Nuclear Power." Worldwatch 1:27-35.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1982. Environmental Impact Analysis and Agricultural Development. FAO Environmental Paper 2. Roma, Italia.

- \_\_\_\_\_. 1982. "Environmental Impact of Forestry." Conservation Guide 7:1-85.
- \_\_\_\_\_. 1977c. Planning Forest Roads and Harvesting Systems. Forestry Paper 2. Roma, Italia.
- Fortlage, C. A. 1990. Environmental Assessment: A Practical Guide. Aldershot, Reino Unido: Gower.
- Frideres, J. S., y J. E. DiSanto, editores. 1986. Issues of Impact Assessment: Development of Natural Resources. Atlanta, Georgia: International Association for Impact Assessment.
- Gamman, J. K., y S. T. McCreary. 1988. "Suggestions for Integrating Environmental Impact Assessment and Economic Development in the Caribbean." Environmental Impact Assessment Review 8(1):43-62.
- Gas Research Institute. 1988. Environmental Aspects of Rights-of-Way for Natural Gas Transmission Pipelines: An Updated Bibliography. Preparado por el National Laboratory, Energy and Environmental Systems Division. Argonne, Illinois.
- Gehrisch, W. y otros. 1989. "The Potential Longer Term Contribution of Nuclear Energy in Reducing CO2 Emissions in OECD Countries." Paris OECD/IEA Symposium: Energy Technologies for Reducing Emissions of Greenhouse Gases 1:619-634.
- Glenn, J. C. 1988. Livestock Production in North Africa and the Middle East. Problems and Perspectives. Ponencia No. 38 del Banco Mundial. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Go, F. C. 1987. Environmental Impact Assessment: An Analysis of the Methodological and Substantive Issues Affecting Human Health Considerations. Londres, Reino Unido: Monitoring and Assessment Research Centre/OMS/PNUMA.
- \_\_\_\_\_. 1988. Environmental Impact Assessment: Operational Cost Benefit Analysis. Londres, Reino Unido: King's College, Monitoring and Assessment Research Center.
- Goldberg, E. D., editor. 1982. Atmospheric Chemistry. Berlín: Springer Verlag.
- Golden, J. y otros. 1979. Environmental Impact Data Book. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science.
- Gooden, P. M., y A. I. Johnstone. 1988. "Environmental Impact Assessment: Its Potential Application to Appropriate Technology in Developing Countries." The Environmentalist 8(1): 57-66.
- Goodland, R. 1989. "The Environmental Implications of Major Projects in Third World Development. En Major Projects and the Environment, editado por P. Moris. Oxford, Reino Unido: Major Projects Association.
- \_\_\_\_\_. editor. 1990. The Race to Save the Tropics. Washington, D.C.: Island Press.
- Goodland, R., C. Watson, y G. Ledec. 1985. Environmental Management in Tropical Agriculture. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Gorse, J.E., y D. R. Steeds. 1988. Desertification in the Sahelian and Sudanian Zones of West Africa. Boletín Técnico No. 61 del Banco Mundial. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Gough, J. D. 1989. Strategic Approach to the Use of Environmental Impact Assessment and Risk Assessment Within the Decision-Making Process. Center for Resource

- Management Paper 13. Nueva Zelandia: University of Canterbury and Lincoln College.
- Gunnerson, C. G., y D. C. Stuckey. 1986. Anaerobic Digestion: Principles and Practices for Biogas Systems. Boletín Técnico No. 49 del Banco Mundial. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Gunnerson, C. G. 1989. Post-Audits of Environmental Programs and Projects. Nueva York: American Society of Civil Engineers.
- Hall, A. L., y J. Midgley, editores. 1988. Development Policies: Sociological Perspectives. Manchester, Reino Unido: Manchester University Press.
- Highton, N.H., y M.Y. Chadwick. 1982. "The Effects of Changing Patterns of Energy Use on Sulfur Emissions and Depositions in Europe." Ambio 11:324-329.
- Hipel, K. W. 1988. "Nonparametric Approaches to Environmental Impact Assessment." Water Resource Bulletin 24(3):487-492.
- Holling, C. S., editor. 1978. Adaptive Environmental Assessment and Management. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Horberry, J. A. J. 1984. "Development Assistance and the Environment." Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge Massachusetts.
- \_\_\_\_\_. 1987. "Environmental Impact Assessment for Development." ATAS Bulletin 4:59-60.
- Horstmann, K., comp. 1985. Environmental Impact Assessment for Development, editor K. Klennert. Feldafing, Republica Federal de Alemania.
- Howe, G. M., editor. 1977. A World Geography of Human Diseases. Nueva York: Academic Press.
- Hufschmidt, M. M., y R. A. Carpenter. 1980. Natural Systems Assessment and Benefit-Cost Analysis for Economic Development. Honolulu, Hawaii: East-West Center.
- Hufschmidt, M. M. y otros. 1983. Environment, Natural Systems and Development: An Economic Development Guide. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University.
- Hunsaker, C. T. y otros. 1990. "Assessing Ecological Risk on a Regional Scale." Environmental Management 14:325-332.
- Hyman, E., y B. Stiftel. 1988. Combining Facts and Values in Environmental Impact Assessment: Theories and Techniques. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Ingram, G. K. 1984. "Housing Demand in the Developing Metropolis: Estimates for Bogota and Cali, Colombia." Documento de Trabajo No. 733 del Personal del Banco Mundial. Banco Mundial, Washington, D.C.
- Institute for Solid Wastes of the American Public Works Association. 1975. Solid Waste Collection Practice. Chicago, Illinois.
- Inter-American Development Bank. 1991. Application of Environmental Procedures in the Agricultural Sector. Guidelines. 2a edición. Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_. 1991. Application of Environmental Procedures in the Sanitation and Urban Development Sector. Guidelines. Washington, D.C.

- \_\_\_\_\_. 1990. Procedures for Classifying and Evaluating Environmental Impacts of Bank Operations. Washington, D.C.
- International Commission on Environmental Assessment. 1990. Final Report of the Working Group on an International Commission for Environmental Assessment. Utrecht, Los Países Bajos.
- Jaffe, L. S. 1973. "Carbon Monoxide in the Biosphere: Sources, Distributions and Concentrations." Journal of Geophysical Research. 67(5):293-305.
- Janicke, M. y otros. 1989. "Economic Structure and Environmental Impacts: East-West Comparisons." Environmentalist 9:171-83.
- Janikowski, R., y A. Starzewska. 1986. "Environmental Impact Assessment Project in Poland." Environmental Impact Worldletter (mayo-junio):1-4.
- Khosla, P. K., y D. K. Khurana, editores. 1987. Agroforestry for Rural Needs. Nueva Delhi, India: Indian Society of Tree Scientists.
- Khan, S. A. 1987. "Social Impact of Agricultural Development in Bangladesh: A critique of the Differentiation/Polarization Thesis." Journal of Social Studies 37:15-29.
- Kneese, A.V., y J.L. Sweeney, editores. 1985. Handbook of Natural Resource and Energy Economics. 2 Volúmenes. New York: North-Holland.
- Lal, R., y otros. 1983. Land Clearing in the Tropics. Boston, Massachusetts: A. A. Balkema.
- Lang, R., y A. Armour. 1980. Environmental Planning Resourcebook. Ottawa, Canadá: Environment Canada, Lands Directorate.
- Lavine, M. J. y otros. 1978. "Bridging the Gap between Economic and Environmental Concerns in Environmental Impact Assessment." Environmental Impact Assessment Review 2. Nueva York: Elsevier Science Publishing Company.
- Lee, N. 1987. Environmental Impact Assessment: A Training Guide. Department of Town and Country Planning Paper 18. Manchester, Reino Unido: University of Manchester.
- \_\_\_\_\_. 1982. "The Future Development of Environmental Impact Assessment." Journal of Environmental Management 14:71-90.
- \_\_\_\_\_. 1984. Training for Environmental Impact Assessment. Brussels, Belgium: Economic Commission for Europe.
- Lee, N., y C. M. Wood. 1985. "Training for Environmental Impact Assessment within the Economic Commission for Europe." Journal of Environmental Management 21:271-286.
- Lee, N., C. M. Wood, y V. Gazidellis. 1985. Arrangements for Environmental Impact Assessment and Their Training Implications in the European Communities and North America. Department of Town and Country Planning Paper 13. Manchester, Reino Unido: University of Manchester.
- Leistriz, F. L., y B. L. Ekstrom. 1986. Social Impact Assessment and Management: An Annotated Bibliography. Nueva York: Garland Publishers.

- Leistritz, F. L., y S. H. Murdock. 1981. The Socioeconomic Impact of Resource Development. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Leopold, L. B. y otros. 1971. A Procedure for Evaluating Environmental Impact. U.S. Geological Survey Circular 645. Washington, D.C.
- Levy, J.P., 1976. "Aplicación Preliminar del Método de Evaluación de Impacto Ambiental Ocasionado por la Planta Núcleo Eléctrica de Laguna Verde, Veracruz." Tesis Profesional, Uniuersidad Nacional Autónoma de México. México: Facultad de Ciencias.
- Lichfield, N. 1989. "Environmental Impact Assessment in Project Appraisal in Britain." Project Appraisal 3:133-141.
- Logan, J.A., y otros. 1981 "Tropospheric Chemistry: A Global Perspective." Journal of Geophysical Research 86(7):210-254.
- Lohani, B. N. 1984. Environmental Quality Management. Nueva Delhi, India: South Asian Publishers.
- Macrory, R., y M. Lafontaine. 1982. Public Enquiry and Enquete Publique. Londres, Reino Unido: Institute for European Environmental Policy.
- Metcalf & Eddy, Inc. 1972. Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal. Nueva York: McGraw-Hill.
- McCormick, J. 1985. Acid Earth: A Global Threat of Acid Pollution. Washington, D.C.:International Institute for Environment and Development.
- McCracken, J. A., J. N. Pretty, y G. Conway. 1989. An Introduction to Rapid Rural Appraisal for Agricultural Development. Londres, Reino Unido: International Institute for Environment and Development.
- McEnvoy, J., y T. M. Dietz. 1977. Handbook for Environmental Planning: The Social Consequences of Environmental Change. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Mills, J. S., y S. Diamond. 1988. "Environmental Impact Statements." Environmental Science and Technology 22(6):618-620.
- Mitsch, W. J., y S. E. Jorgensen, editores. 1989. Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Munn, R. E., editor. 1979. Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures. Published on behalf of the Scientific Committee on Problems of the Environment of the International Council of Scientific Union. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- Murdock, S. H. y otros. 1982. "An Assessment of Socio-Economic Assessments: Utility, Accuracy and Policy Considerations." Environmental Impact Assessment 3(4):333-350.
- Murthy, K. S. 1988. National Environmental Policy Act Process. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Naciones Unidas. 1990. Environmental Assessment Procedures in the UN System. Londres, Reino Unido: Environmental Resources Limited.

- National Technical Information Service. 1990. Toxicity of Fibers and Fiber Composition: A Bibliography. Documento No. PB 90-87555. Washington, D.C.
- Neto, Z. F. de Lacerda. 1989. "Environmental Impact Assessment in Brazil." Environmental Education and Information 8(2):96-99.
- Ofori-Cudjoe, S. 1990. "Environmental Impact Assessment in Ghana. An Ex-Post Evaluation of the Volta Resettlement Scheme: The Case of the Kpong Hydro-Electric Project." Environmentalist 10:115-126.
- \_\_\_\_\_. 1991. "Environmental Impact Assessment in Ghana: Current Administration and Procedures Towards an Appropriate Methodology." Environmentalist 11:45-54.
- Opschoor, H. y D. Pearce, editores. 1991. Persistent Pollutants: Economics and Policy. Boston, Massachusetts: Kluwer Academic Press.
- O'Riordan, T., y W. R. D. Sewell, editores. 1981. Project Appraisal and Policy Review. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- O'Riordan, T. 1989. "The Impact of Environmental Impact Assessment on Decision-Making." En Environmental Impact Assessment, editado por V. T. Covello. Heidelberg, República Federal de Alemania: Springer.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development. 1986. "Environmental Assessment and Development Assistance." Environment Monograph (4):103.
- Organización de Estados Americanos. 1984. Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience. Washington, D.C.
- Organización Mundial de la Salud. 1974. Health Project Management: A Manual of Procedures for Formulating and Implementing Health Projects. Ginebra, Suiza.
- \_\_\_\_\_. 1990. "Good Practices for Environmental Impact Assessment of Development Projects." Meeting of the Working Party on Development Assistance and Environment, May 10, 11. Restricted to Participants). París, Francia.
- Overseas Development Administration. 1989. Manual of Environmental Appraisal. Londres, Reino Unido.
- Pearce, D. W., E. Barbier, y A. Markandya. 1990. Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World. Aldershot, Reino Unido: Elgar.
- Pendse, Y. D., R. V. Rao, y P. K. Sharma. 1989. "Environmental Impact Assessment Methodologies: Shortcomings and Appropriateness for Water Resources Projects in Developing Countries." International Journal of Water Resources Development 5(4):252-259.
- Pethig, R. y K. Fiedler. 1989. "Effluent Charges on Municipal Waste Water Treatment Facilities: In Search of Their Theoretical Rationale." Economics 49(1):71-74.
- Peto, J. 1979. "Dose-Response Relationships for Asbestos-Related Disease: Implications for Hygiene Standards. Part II. Mortality." Annals of the New York Academy of Science 330:195-203.
- Pimentel, D. 1989. "Agriculture and Ecotechnology." En Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology, editado por W. J. Mitsch y S. E. Jorgensen. Nueva York: John Wiley and Sons.

- Porter, A. L. y otros. 1980. A Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis. Nueva York: North Holland.
- Prieur, M. 1984. "Les Etudes d'Impact en Droit Francais." Zeitschrift fur Umweltpolitik 4:367-388.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1982. The Use of Environmental Impact Assessment for Development Project Planning in ASEAN Countries. Bangkok, Tailandia: Regional Office for Asia and the Pacific.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud. 1989. Assessment of Urban Air Quality. Londres, Reino Unido: Global Environment Monitoring System.
- Pryde, P. R. 1987. "The Soviet Approach to Environmental Impact Analysis." En Environmental Problems in the Soviet Union and Eastern Europe, editado por F. B. Singleton. Boulder, Colorado: Lynne Rienner Publishers.
- Rau, J. G., y D. C. Wooten, editores. 1980. Environmental Impact Analysis Handbook. Nueva York: McGraw-Hill.
- Reynolds, L. 1981. "Foundations of an Institutional Theory of Regulation." Journal of Economic Issues 4:641-656.
- Repetto, R., editor. 1985. The Global Possible Resources, Development and the New Century. New Haven, Connecticut: Yale University Press.
- Roberts, R. D., y T. M. Roberts, editores. 1984. Planning and Ecology. Londres, Reino Unido: Chapman and Hall.
- Ross, W. A. 1987. "Evaluating Environmental Impact Statements." Journal of Environmental Management 25(2):137-148.
- Rossini, F. A., y A. L. Porter, editores. 1983. Integrated Impact Assessment. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Sadler, B., editor. 1987. Audit and Evaluation in Environmental Assessment and Management: Canadian and International Experience. 2 Volúmenes. Hull, Quebec: Environment Canada.
- \_\_\_\_\_. 1980. Public Participation in Environmental Decision Making: Strategies for Change. Edmonton, Alberta: Environment Council of Canada.
- Sammy, G. K. 1982. "Environmental Impact in Developing Countries." Ph.D. Dissertation, University of Oklahoma. Norman, Oklahoma.
- Schibuola, S., y P. H. Byer. 1991. "Use of Knowledge-Based Systems for the Review of Environmental Impact Assessments." Environmental Impact Assessment Review 11:11-27.
- Seattle, D.M., y C.C. Patterson. 1980. "Lead in Albacore: Guide to Lead Pollution in Americans." Science 207(1):167-176.
- Siedman, H., y I.J. Selikoff. 1990. "Decline in Death rates among Asbestos Insulation Workers, 1967-1986, Associated with Diminution of Work Exposure to Asbestos." Annals of the New York Academy of Science 609:300-318.

- Shrader-Frechette, K. S. 1985. Science Policy, Ethics, and Economic Methodology: Some Problems of Technology Assessment and Environmental-Impact Analysis. Boston, Massachusetts: Riedel.
- Sigal, L. L., y J. W. Webb. 1989. "The Programmatic Environmental Impact Statement: Its Purpose and Use." The Environmental Professional 11(1):14-17.
- Sonntag, N. C. y otros. 1987. Cumulative Effects Assessment: A Context for Further Research. Ottawa, Canadá: Ministry of Services and Supply.
- Stout, K.S. 1980. Mining Methods and Equipment. New York: McGraw Hill.
- Strickland, G. T. 1984. Hunter's Tropical Medicine 6a edición. Filadelfia, Pensilvania: W. B. Sanders
- Suter, G. W. y otros. 1987. "Treatment of Risk in Environmental Impact Assessment." Environmental Management 11:295-303.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen, y R. Eliassen. 1977. Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues. Nueva York: McGraw-Hill.
- Tharun, G., N. C. Thanh y R. Bidwell, editores. 1983. Environmental Management for Developing Countries. 3 volúmenes. Bangkok, Tailandia: Asian Institute of Technology.
- Tisdell, C. 1986. "Cost-Benefit Analysis, the Environment and Informational Constraints in LDCs." Journal of Development 11:63-81.
- Tomlinson, P. editor. 1987. "Environmental Audits: Special Edition." Environmental Monitoring and Assessment 8(3):183-261.
- United Nations and the United Nations Asian and Pacific Development Institute. 1980. Environmental Impact Statements: A Test Model Presentation, comp. C. Suriyakumaran. Bangkok, Tailandia.
- United States Council on Environmental Quality [and] Fish and Wildlife Service. 1980. Biological Evaluation of Environmental Impacts. Report FWS/obs-80/26. Washington, D.C.
- United States Department of Energy. 1986. Digest of Environmental and Water Statistics No. 9. Washington, D.C.: General Printing Office.
- Vahter, V., editor. 1982. UNEP/WHO Assessment of Human Exposure to Lead and Cadmium through Biological Monitoring. Estocolmo, Suecia: National Swedish Institute of Environmental Medicine and Karolinska Institute.
- Vighi, M., y D. Calamari. 1990. "Evaluative Models and Field Work in Estimating Pesticide Exposure," en L. Sommerville y C. Walker, editores, Pesticides and Wildlife: Field Testing. Londres, Reino Unido: Taylor and Francis.
- Vizayakumar, K. y Mohapatra, P.K.J. 1991. "Framework for Environmental Impact Analysis with Special Reference to India." Environmental Management 15:357-68.
- Vlachos, E. 1990. "Assessing Long Range Cumulative Impacts." En Environmental Impact Assessment, editado por V. T. Covello. Heidelberg, República Federal de Alemania: Springer.
- Walters, C. 1986. Adaptive Management of Renewable Resources. New York: Macmillan.

- Wandesforde-Smith, G., y I. Moreira. 1985. "Subnational Government and Environmental Impact Assessment in the Developing World: Bureaucratic Strategy and Political Change in Rio de Janeiro." Brazilian Environmental Impact Assessment Review 5:223-238.
- Ward, D. V. 1978. Biological Environmental Impact Studies: Their Theory and Methods. Nueva York: Academic Press.
- Ware, G.W. 1980. "Effects of Pesticides on Nontarget Organisms." Residue Reviews 76:173-201.
- Warner, M. L., y E. H. Preston. 1974. Review of Environmental Impact Assessment Methodologies. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency.
- Wathern, P. 1984. "Methods for Assessing Indirect Impacts." En Perspectives on Environmental Impact Assessment, editado por B. D. Clark y otros. Dordrecht, Los Países Bajos: Riedel.
- Wathern P. y otros. 1987. "Assessing Environmental Impacts of Policy: A Generalized Framework for Appraisal." Landscape and Urban Planning 14:321-330.
- Wathern, P., editor. 1988. Environmental Impact Assessment: Theory and Practice. Londres, Reino Unido: Unwin.
- Wenger, R. B., W. Huadong, y Ma Xiaoying. 1990. "Environmental Impact Assessment in the People's Republic of China." Environmental Management 14: 429-439.
- Westman, W. E. 1985. Ecology, Impact Assessment and Environmental Planning. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Wetsone, G. S., y A. Rosencranz. 1984. Acid Rain in Europe and North America. Washington, D.C.: Environmental Law Institute.
- Williams, H.J. 1987. "Issues in the Control and Disposal of Hazardous Materials," en M. Chatterji, editor, Hazardous Materials Disposal. Avebury-Gower, Aldershot, pp. 59-70.
- Wilson, D. G., editor. 1977. Handbook of Solid Waste Management. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Wood, C. M., y V. Cazidellis. 1985. A Guide to Training Materiales for Environmental Impact Assessment. Department of Town and Country Planning Paper 14. Manchester, Reino Unido: University of Manchester.
- Yates, E. D. 1989. Environmental Impact Assessment: What it is and Why International Development Organizations Need it. Washington, D.C.: Council on Environmental Quality.
- Young, K., editor. 1988. Women and Economic Development: Local, Regional and National Planning Strategies. Nueva York: Berg (para Oxford y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).
- Ziyun, F. 1989. "Environmental Impact Assessment of Yangtze Valley Projects." International Water Power and Dam Construction 41:36-39.

# Distribuidores de las Publicaciones del Banco Mundial

**ARGENTINA**  
Carlos Hirsch SRL  
Galería Guemes  
Florida 165, 4to piso-ofc. 453/465  
1333 Buenos Aires

**AUSTRALIA, PAPUASIA-NUEVA GUINEA, FIJI, ISLAS SALOMON, VANUATU Y SAMOA OCCIDENTAL**  
D. A. Books & Journals  
648 Whitehorse Road  
Mitcham 3132  
Victoria

**AUSTRIA**  
Gerold and Co.  
Graben 31  
A-1011 Wien

**BAHRÁIN**  
Bahrain Research and Consultancy Associates Ltd.  
P.O. Box 22103  
Manama Town 317

**BANGLADESH**  
Micro Industries Development Assistance Society (MIDAS)  
House 5, Road 16  
Dhanmondi R/Area  
Dacca 1209

*Sucursal:*  
Main Road  
Majidee Court  
Noakhali-3800

76 K.D.A. Avenue  
Kulna

**BELGICA**  
Jean De Lannoy  
Av. du Roi 202  
1060 Bruselas

**CANADA**  
Le Diffusor  
CP. 85, 1501B rue Ampere  
Boucherville, Québec  
J4B 5E6

**CHINA**  
China Financial & Economic Publishing House  
8. Da Fo Si Dong Jie  
Beijing

**CHIPRE**  
MEMRB Information Services  
P.O. Box 2098  
Nicosia

**COLOMBIA**  
Infoenlace Ltda.  
Apartado Aéreo 34270  
Bogotá D.F.

**COREA, REPUBLICA DE**  
Pan Korea Book Corporation  
P.O. Box 101, Kwangwhamun  
Seúl

**COSTA DE MARFIL**  
Centre d'Édition et de Diffusion Africaines (CEDA)  
04 B.P. 541  
Abidjan 04 Plateau

**DINAMARCA**  
SamfundsLitteratur  
Rosenoerms Allé 11  
DK-1970 Fredriksberg C

**REPUBLICA DOMINICANA**  
Editora Taller, C. por A.  
Restauración e Isabel la Católica 309  
Apartado Postal 2190  
Santo Domingo

**EL SALVADOR**  
Fusades  
Avenida Manuel Enrique Araujo #3530  
Edificio SISA, 1er Piso  
San Salvador

**EGIPTO, REPUBLICA ARABICA DE**  
Al Ahram  
Al Galas Street  
Cairo

The Middle East Observer  
8 Chawarti Street  
Cairo

**FINLANDIA**  
Akateeminen Kirjakauppa  
P.O. Box 128  
SF-00101  
Helsinki 10  
**FRANCIA**  
World Bank Publications  
66, avenue d'Iéna  
75116 Paris

**ALEMANIA**  
UNO-Verlag  
Poppelsdorfer Allee 55  
D-5300 Bonn 1

**GRECIA**  
**KEME**  
24, Ippodamou Street Platia Plastiras  
Atenas-11635

**GUATEMALA**  
Librerías Piedra Santa  
5a. Calle 7-55  
Zona 1  
Ciudad de Guatemala

**HONG KONG, MACAO**  
Asia 2000 Ltd.  
6 Fl. 146 Prince Edward Road, W.  
Kowloon  
Hong Kong

**INDIA**  
Allied Publishers Private Ltd.  
751 Mount Road  
Madrás - 600 002

*Sucursales:*  
15 J.N. Heredia Marg  
Ballard Estate  
Bombay - 400 038

12/14 Asaf Ali Road  
Nueva Delhi - 110 002

17 Chittaranjan Avenue  
Calcutta - 700 072

Jayadeva Hostel Building  
5th Main Road Gandhinagar  
Bangalore - 560 009

3-5-1129 Kachiguda Cross Road  
Hyderabad - 500 027

Prathana Flats, 2nd Floor  
Near Thakore Bang. Navrangpura  
Ahmedabad - 380 009

Patiala House  
16-A Ashok Marg  
Lucknow - 226 001

**INDONESIA**  
Pt. Indira Limited  
Jl. Sam Ratulangi 37  
P.O. Box 181  
Jakarta Pusat

**ITALIA**  
Licosa Commissionaria Sansoni SPA  
Via Benedetto Fortini, 120/10  
Casella Postale 552  
50125 Florencia

**JAPON**  
Eastern Book Service  
37-3, Hongo 3-Chome Bunkyo-ku 113  
Tokio

**KENYA**  
African Book Service (E.A.) Ltd.  
P.O. Box 45245  
Nairobi

**KUWAIT**  
MEMRB Information Services  
P.O. Box 5465

**MALASIA**  
University of Malaysia Cooperative Bookshop, Limited  
P.O. Box 1127, Jalan Pantai Baru  
Kuala Lumpur

**MEXICO**  
INFOTEC  
Apartado Postal 22-860  
14060 Tlalpan, México D.F.

**MARRUECOS**  
Société d'Études Marketing Marocaine  
12 rue Mezart Bd. d'Anfa

**LOS PAISES BAJOS**  
InOr-Publikaties b.v.  
P.O. Box 14  
7240 BA Lochem

**NUEVA ZELANDIA**  
Hills Library and Information Service  
Private Bag  
New Market  
Auckland

**NIGERIA**  
University Press Limited  
Three Crowns Building Jericho  
Private Mail Bag 5095  
Ibadan

**NORUEGA**  
Narvesen Information Center  
Book Department  
P.O. Box 6125 Etterstad  
N-0602 Oslo 6

**OMAN**  
MEMRB Information Services  
P.O. Box 1613, Seeb Airport  
Muscat

**PAQUISTAN**  
Mirza Book Agency  
65 Shahrah-e-Quaid-e-Azam  
P.O. Box 729  
Lahore 3

**PERU**  
Editorial Desarrollo S.A.  
Apartado 3824  
Lima

**FILIPINAS**  
International Book Center  
Fifth Floor, Filipinas Life Building  
Ayala Avenue Makati  
Metro Manila

**POLONIA**  
ORPAN  
Palac Kultury i Nauki  
00-901 Varsovia

**PORTUGAL**  
Livraria Portugal  
Rua do Carmo 70-74  
1200 Lisboa

**ARABIA SAUDITA, QATAR**  
Jarir Book Store  
P.O. Box 3196  
Riyahds 11471

MEMRB Information Services  
*Sucursales:*  
Al Aisa Street  
Al Dahna Center  
First Floor  
P.O. Box 7188  
Riyadh

Haji Abdullah Alireza Building  
King Khaled Street  
P.O. Box 3969  
Damman

33 Mohammed Hassan Awad Street  
P.O. Box 5978  
Jeddah

**SINGAPUR, TAIWAN, MIYANMAR, BRUNEI**  
Information Publications Private, Limited  
02-06 1st Fl. Pei-Fu Industrial Bldg.  
24 New Industrial Road  
Singapur 1953

**SUDAFRICA, BOTSWANA**  
Para números individuales:  
Oxford University Press Southern Africa  
P.O. Box 1141  
Ciudad del Cabo 8000

*Para Subscripciones:*  
International Subscription Service  
P.O. Box 41095  
Craighall  
Johannesburgo 2024

**ESPAÑA**  
Mundi-Prensa Libros S.A.  
Castello 37  
28001 Madrid

Librería Internacional AEDOS  
Conseil de Cent, 391  
08009 Barcelona

**SRI LANKA Y LAS MALDIVAS**  
Lake House Bookshop  
P.O. Box 244  
100 Sir Chittampalam A. Gardiner  
Mawatha  
Colombo 2

**SUECIA**  
*Para números individuales:*  
Fritzes Fackboksforetaget  
Regeringagatan 12, Box 16356  
S-103 27 Estocolmo

*Para subscripciones:*  
Wennergren-Williams AB  
Box 30004  
S-104 25 Estocolmo

**SUIZA**  
*Para números individuales:*  
Librairie Payot  
6, rue Grenus  
Case postale 381  
CH 1211 Ginebra 11

*Para subscripciones:*  
Librairie Payot  
Service des Abonnements  
Case Postale 3312  
CH 1002 Lausana

**TANZANIA**  
Oxford University Press  
P.O. Box 5299  
Dar es-Salam

**TAILANDIA**  
Central Department Store  
306 Silom Road  
Bangkok

**TRINIDAD Y TOBAGO, ANTIGUA, BARBUDA, BARBADOS, DOMINICA, GRANADA, GUYANA, JAMAICA, MONTSERRAT, ST. KITTS & NEVIS, SANTA LUCIA, SAN VICENTE Y LAS GRENADINAS**  
Systematic Studies Unit  
#9 Watts Street  
Curepe  
Trinidad, Las Antillas

**EMIRATOS ARABES UNIDOS**  
MEMBR Gulf Co.  
P.O. Box 6097  
Sharjah

**REINO UNIDO**  
Microinfo Ltd.  
P.O. Box 3  
Alton, Hampshire GU34 2PG  
Inglaterra

**VENEZUELA**  
Librería del Este  
Aptdo. 60 337  
Caracas 1060-A

**YUGOSLAVIA**  
Jugoslovenska Knjiga  
P.O. Box 36  
Trg Republike  
YU-11000 Belgrado

## TRABAJOS TECNICOS RECIENTES DEL BANCO MUNDIAL

- No. 123 Barghouti and Le Moigne, *Irrigation in Sub-Saharan Africa: The Development of Public and Private Systems*
- No. 124 Zymelman, *Science, Education, and Development in Sub-Saharan Africa*
- No. 125 van de Walle and Foster, *Fertility Decline in Africa: Assessment and Prospects*
- No. 126 Davis, MacKnight, IMO Staff, and Others, *Environmental Consideration for Port and Harbor Developments*
- No. 127 Doolette and Magrath, editors, *Watershed Development in Asia: Strategies and Technologies*
- No. 128 Gastellu-Etchegorry, editor, *Satellite Remote Sensing for Agricultural Projects*
- No. 129 Berkoff, *Irrigation Management on the Indo-Gangetic Plain*
- No. 130 Agnes Kiss, editor, *Living with Wildlife: Wildlife Resource Management with Local Participation in Africa*
- No. 131 Nair, *The Prospects for Agroforestry in the Tropics*
- No. 132 Murphy, Casley, and Curry, *Farmers' Estimations as a Source of Production Data: Methodological Guidelines for Cereals in Africa*
- No. 133 Agriculture and Rural Development Department, ACIAR, AIDAB, and ISNAR, *Agricultural Biotechnology: The Next "Green Revolution"?*
- No. 134 de Haan and Bekure, *Animal Health in Sub-Saharan Africa: Initial Experiences with Alternative Approaches*
- No. 135 Walshe, Grindle, Nell, and Bachmann, *Dairy Development in Sub-Saharan Africa: A Study of Issues and Options*
- No. 136 Green, editor, *Coconut Production: Present Status and Priorities for Research*
- No. 137 Constant and Sheldrick, *An Outlook for Fertilizer Demand, Supply, and Trade, 1988/89-1993/94*
- No. 138 Steel and Webster, *Small Enterprises under Adjustment in Ghana*
- No. 139 Environmental Department, *Environmental Assessment Sourcebook*, vol. I: *Policies, Procedures, and Cross-Sectoral Issues*
- No. 140 Environmental Department, *Environmental Assessment Sourcebook*, vol. II: *Sectorial Guidelines*
- No. 141 Riverson, Vaviria, and Thriscutt, *Rural Roads in Sub-Saharan Africa: Lessons from World Bank Experience*
- No. 142 Kiss and Meerman, *Integrated Pest Management and African Agriculture*
- No. 143 Grut, Gray, and Egli, *Forest Pricing and Concession Policies: Managing the High Forests of West and Central Africa*
- No. 144 Banco Mundial/FAO/ONUDI/Industry Fertilizer Working Group, *World and Regional Supply and Demand Balances for Nitrogen, Phosphate, and Potash, 1989/90-1995/96*
- No. 145 Ivanek, Nulty, and Holcer, *Manufacturing Telecommunications Equipment in Newly Industrializing Countries: The Effect of Technological Progress*
- No. 146 Dejene and Olivares, *Integrating Environmental Issues into a Strategy for Sustainable*

**Banco Mundial**

**Sede**

1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C.20433, U.S.A.

Teléfono: (202) 477-1234  
Facsimile: (202) 477-6391  
Telex: WUI 64145 WORLDBANK  
RCA 248423 WORLDBK  
Dirección de Cable: INTBAFRAD  
WASHINGTONDC

**Oficina Europea**

66, avenue d'Iéna  
75116 Paris, France

Teléfono: (1) 40.69.30.00  
Facsimile: (1) 47.20.19.66  
Telex: 842-620628

**Oficina Tokio**

Kokusai Building  
1-1 Marunouchi 3-chome  
Chiyoda-ku, Tokio 100, Japón

Teléfono: (3) 3214-5001  
Facsimile (3) 3214-3657  
Telex: 781-26838

