



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

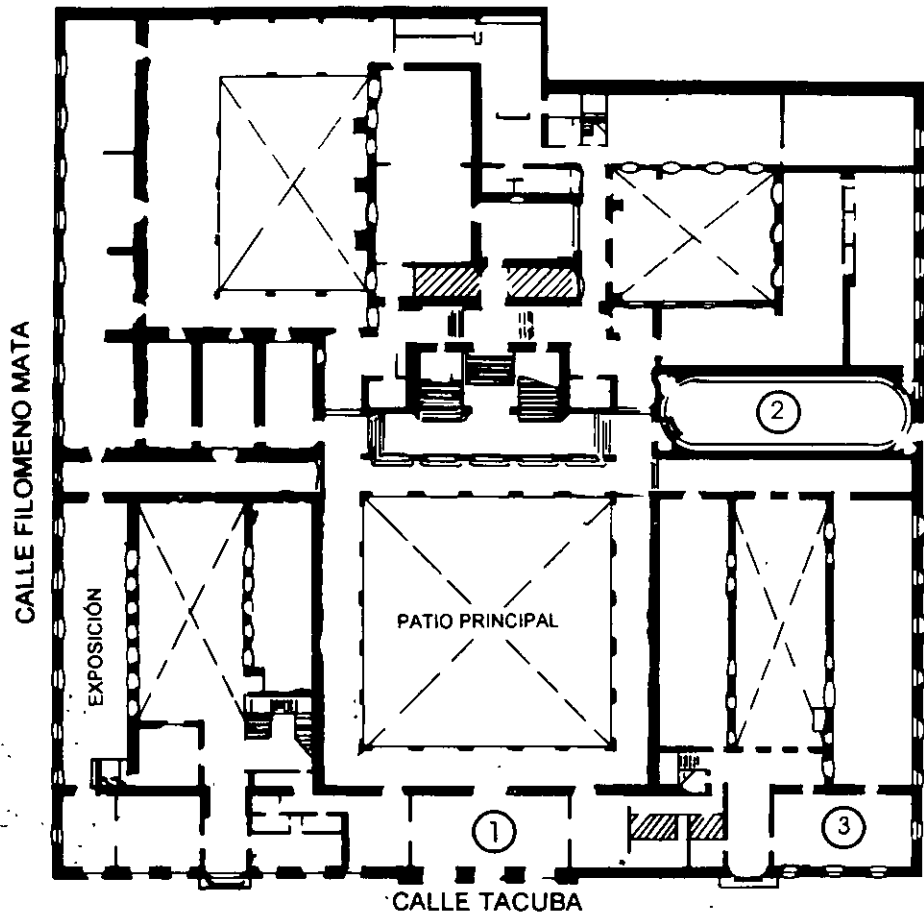
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

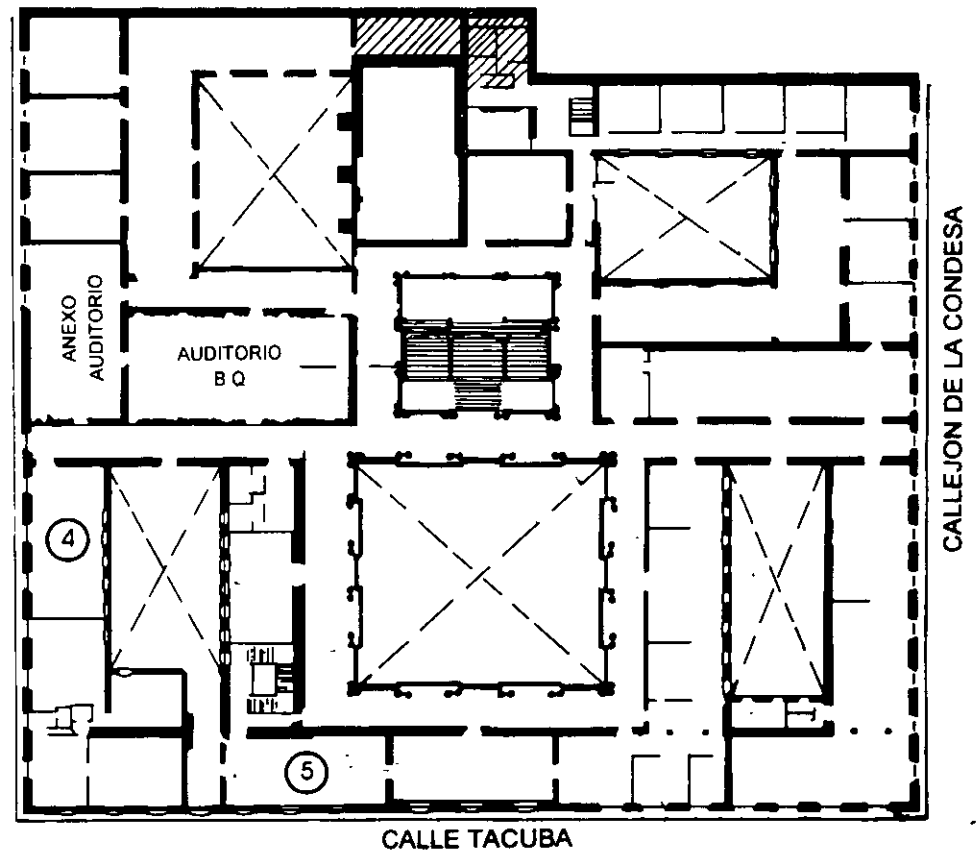
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

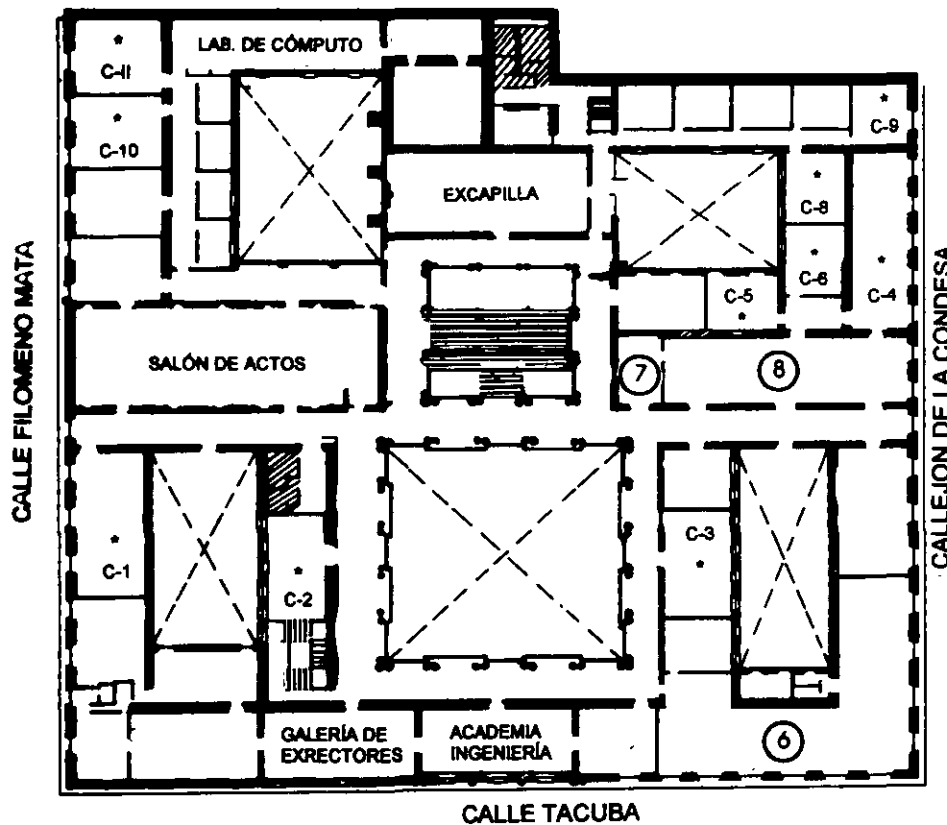


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



1er. PISO



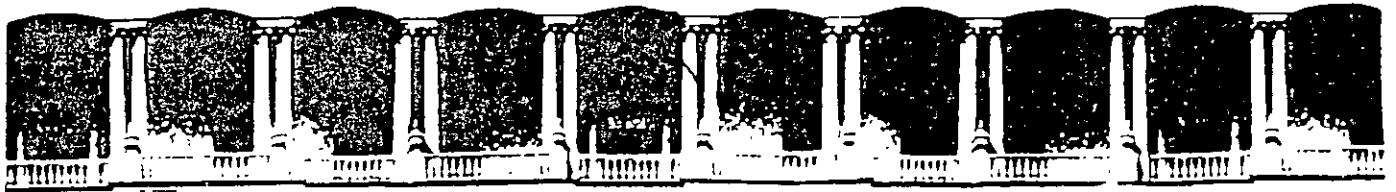
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
"ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO
AMBIENTAL**

**MÓDULO IV: INSTRUMENTACIÓN DE POLÍTICA Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

TEMA

AUTORREGULACIÓN Y AUDITORIAS AMBIENTALES

**EXPOSITOR: ING. JULIO HUERTA MORENO
PALACIO DE MINERIA
JUNIO 2000**

SECCIÓN VII

Autorregulación y Auditorías Ambientales

ARTÍCULO 38.- Los productores, empresas u organizaciones empresariales podrán desarrollar procesos voluntarios de autorregulación ambiental, a través de los cuales mejoren su desempeño ambiental, respetando la legislación y normatividad vigente en la materia y se comprometan a superar o cumplir mayores niveles, metas o beneficios en materia de protección ambiental.

La Secretaría en el ámbito federal, inducirá o concertará:

I.- El desarrollo de procesos productivos adecuados y compatibles con el ambiente, así como **sistemas de protección y restauración en la materia, convenidos con cámaras de industria, comercio y otras actividades productivas, organizaciones de productores, organizaciones representativas de una zona o región, instituciones de investigación científica y tecnológica y otras organizaciones interesadas;**

II.- El cumplimiento de normas voluntarias o especificaciones técnicas en materia ambiental que sean más estrictas que las normas oficiales mexicanas o que se refieran a aspectos no previstas por éstas, las cuales serán establecidas de común acuerdo con particulares o con asociaciones u organizaciones que los representen. Para tal efecto, la Secretaría podrá promover el establecimiento de normas mexicanas conforme a lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

III.- El establecimiento de sistemas de certificación de procesos o productos para inducir patrones de consumo que sean compatibles o que preserven, mejoren o restauren el medio ambiente, debiendo observar, en su caso, las disposiciones aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

IV.- Las demás acciones que induzcan a las empresas a alcanzar los objetivos de la política ambiental superiores a las previstas en la normatividad ambiental establecida.

ARTÍCULO 38 BIS.- Los responsables del funcionamiento de una empresa podrán en forma voluntaria, a través de la auditoría ambiental, realizar el examen metodológico de sus operaciones, respecto de la contaminación y el riesgo que generan, así como el grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger el medio ambiente.

La Secretaría desarrollará un programa dirigido a fomentar la realización de auditorías ambientales, y podrá supervisar su ejecución. Para tal efecto:

I.- Elaborará los términos de referencia que establezcan la metodología para la realización de las auditorías ambientales;

II.- Establecerá un sistema de aprobación y acreditamiento de peritos y auditores ambientales, determinando los procedimientos y requisitos que deberán cumplir los interesados para incorporarse a dicho sistema, debiendo, en su caso, observar lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Para tal efecto, integrará un comité técnico constituido por representantes de instituciones de investigación, colegios y asociaciones profesionales y organizaciones del sector industrial;

III.- Desarrollará programas de capacitación en materia de peritajes y auditorías ambientales;

IV.- Instrumentará un sistema de reconocimientos y estímulos que permita identificar a las industrias que cumplan oportunamente los compromisos adquiridos en las auditorías ambientales;

V.- Promoverá la creación de centros regionales de apoyo a la mediana y pequeña industria, con el fin de facilitar la realización de auditorías en dichos sectores, y

VI.- Convendrá o concertará con personas físicas o morales, públicas o privadas, la realización de auditorías ambientales.

ARTÍCULO 38 BIS 1.- La Secretaría pondrá los programas preventivos y correctivos derivados de las auditorías ambientales, así como el diagnóstico básico del cual derivan, a disposición de quienes resulten o puedan resultar directamente afectados.

En todo caso, deberán observarse las disposiciones legales relativas a la confidencialidad de la información industrial y comercial.

ARTÍCULO 38 BIS 2.- Los Estados y el Distrito Federal podrán establecer sistemas de autorregulación y auditorías ambientales en los ámbitos de sus respectivas competencias.



- **Objetivo de Auditoría Ambiental**

Desde el punto de vista metodológico, perseguirá la determinación del grado de cumplimiento en materia de legislación ambiental en que se encuentra la empresa



- Segundo Objetivo
(Riesgo Ambiental)

Determinación de los riesgos ambientales sobre los trabajadores y la comunidad, debidos a los procesos productivos y operación de las instalaciones.

Incluye:

- * Evaluación de la contaminación durante operación normal
- * La posible liberación incontrolada de sustancias tóxicas, incendio o explosión.



- Finalidad desde el punto de vista administrativo

Servir como herramienta de gestión para la organización de la propia industria: revisión de la estructura organizacional, capacitación del personal; y la elaboración de planes de contingencia, programas de mejoramiento y mantenimiento industrial.



FASES DE LA AUDITORÍA

- PRE-AUDITORÍA
(PLANEACIÓN)
- AUDITORÍA
(TRABAJOS DE CAMPO Y
REPORTE)
- POST-AUDITORÍA
(SEGUIMIENTO,
CERTIFICACIÓN)



Fase de pre-auditoría

- Visita preliminar
- Definir alcances y logística
- Estructura legal aplicable
- Programa de Inspecciones y Pruebas
- Composición del equipo auditor
- Preparación y entrega de cuestionarios
- Elaboración del Plan de Auditoría
- Comunicación con Industria y Profepa



Fase de desarrollo de auditoría (I En Campo)

- **Conducción de la auditoría**
- **Recorridos por las instalaciones y por el entorno**
- **Revisión y análisis de permisos, licencias, estudios, documentos, planos y diagramas**
- **Entrevistas de información**
- **Aplicación de “check list”**
- **Revisión del proceso operativo desde el punto de vista de generación de contaminación y riesgo**
- **Verificación “in situ” de cumplimiento**
- **Toma de muestras y análisis de contaminación y/o riesgo**
- **Elaboración de reporte de hallazgos**



Fase de desarrollo de auditoría (II Reportes)

PREPARACIÓN DEL INFORME:

- **VOLUMEN I** Resumen Ejecutivo (Introducción, Síntesis, Dictamen, Plan de Acción, Inversión requerida)
- **VOLUMEN II** Informe de Auditoría (Antecedentes, Generalidades, Descripción de instalaciones y área circundante, Registros ambientales, Lineamientos ambientales, Resultados de auditoría, Dictamen, Conclusiones)
- **VOLUMEN III** Anexos (documental y fotográfico)



Fase de post-auditoría

- Convenio de concertación entre industria y Profepa para el cumplimiento del Programa de Obras y Actividades
- Reporte de avances trimestrales de la industria a la Profepa sobre el Programa de O. y A.
- Seguimiento del Programa de O. y A.
- Cierre deficiencia por deficiencia
- Dictámen de Verificación Final de Cumplimiento
- Certificación como Industria Limpia
- Proceso de Recertificación



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO
AMBIENTAL**

**MÓDULO IV: INSTRUMENTACIÓN DE POLÍTICA Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

TEMA

ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL CONCEPTOS GENERALES

**EXPOSITOR: ING. GERMAN I. GOMEZ PINILLA
PALACIO DE MINERIA
JULIO 2000**

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS DEL MODULO	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2.2.1 Metodológicos.....	2
2.2.2 Legales.....	2
2.2.3 Ambientales	2
3. ASPECTOS GENERALES DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL	3
3.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
3.2 VENTAJAS DE LOS EIA.....	7
3.3 DESVENTAJAS DE LOS EIA.....	8
3.4 ALCANCE DE LOS EIA.....	8
3.5 SELECCIÓN DE PROYECTOS PARA REALIZARLES E.I.A.....	9
3.6 RESPONSABILIDAD PARA IMPLEMENTAR LOS EIA.....	9
3.7 REVISIÓN DE LOS EIA.....	10
3.8 INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN PUBLICA EN LOS EIA.....	10
3.9 COSTOS DE LOS EIA.....	11
4. MARCO LEGAL DE LOS E.I.A.....	12
4.1 LEYES Y DECRETOS DE CARÁCTER NACIONAL	12
4.1.1 Ley 99 de 1993.....	13
4.1.2 Decreto 1753 de 1994.....	13
4.2 REQUERIMIENTOS DE LAS ENTIDADES CREDITICIAS INTERNACIONALES	17
4.3 LA NUEVA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA.....	17
PLANIFICACION Y MANEJO DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL	20
5.1 MARCO CONCEPTUAL DE LOS EIA.....	20
5.1.1 Descripción y Necesidades del Proyecto.....	21
5.1.2 Información institucional pertinente. IIP.....	21
5.1.3 Identificación de impactos potenciales . IDIP.....	22
5.1.4 Identificación del área de influencia del proyecto . IAIP	23
5.1.5 Descripción del ambiente afectado. DAA o Línea Base ambiental LBA.....	23
5.1.6 Predicción de impactos. PI.....	23
5.1.7 Evaluación de impactos EI.....	24
5.1.8 Mitigación de impactos MI.....	24
5.1.9 Selección de la alternativa mas apropiada .SAA	25
5.1.10 Elaboración del documento de evaluación ambiental. EIA.....	25
6. LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL.....	26
6.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL AMBIENTE.....	26
6.2 INDICADORES DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	28
6.3 CONTENIDO TENTATIVO DE UN ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	28
6.4 ALCANCE DE CADA UNO DE LOS CAPÍTULOS.....	30
6.4.1 Introducción.....	30
6.4.2 Objetivos del Estudio	30
6.4.3 Descripción del Proyecto y sus Alternativas	30

6.4.4 Identificación del Area de Influencia.....	30
6.4.5 Descripción de las Condiciones Ambientales Existentes en el Area de Influencia ó Linea Base.....	31
6.4.6 Identificación de Efectos e Impactos del Proyecto.....	31
6.4.7 Cuantificación de Impactos Ambientales del Proyecto sobre cada Indicador y Cuantificación del Impacto Total del Proyecto sobre el Medio.....	32
6.4.8 Identificación y Especificación de los Planes de Manejo o Medidas de Mitigación. Diseño.....	33
6.4.9 Cuantificación de Impactos Considerando las Medidas de Mitigación.....	34
6.4.10 Costos de las Medidas de Mitigación.....	34
6.4.11 Programa de Supervisión Ambiental.....	34
6.4.12 Programa de Seguimiento y Monitoreo.....	34
6.4.13 Plan de Contingencia.....	34
6.5 COSTOS DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	35
6.6 ESCALAS A UTILIZAR EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO DE UN PROYECTO.....	35

ANEXOS

1. INTRODUCCION

Debido a la biodiversidad y productividad biológica, a la riqueza de los recursos hídricos y a las características geológicas, geomofológicas y agrológicas existentes en las diferentes regiones del país, los ecosistemas colombianos se caracterizan por su fragilidad, alta productividad biológica e importancia para las comunidades que los habitan.

Por esta razón es indispensable que la gestión ambiental forme parte integral de los proyectos donde se comprometan, uno, varios o todos los componentes del sistema ambiental, con el fin de realizarlos con el menor costo ambiental posible.

Es necesario tener en cuenta, que el crecimiento social y económico de la nación, puede verse seriamente afectado en un futuro, si se disminuye la oferta ambiental de los recursos naturales, (constituyen la riqueza del país), como consecuencia de un desarrollo no planificado que altere irreversiblemente los ecosistemas de selva tropical, de los páramos y de las zonas montañosas.

Las obras de ingeniería tales como presas y embalses para la generación de energía o el suministro de agua para consumo humano o riego; las vías de comunicación tales como caminos, carreteras, autopistas, vías férreas; los oleoductos; las líneas de transmisión; los desarrollos urbanos; los proyectos de acueductos y alcantarillados; los desarrollos industriales, la minería a cielo abierto, los puertos etc, son proyectos que tienen una incidencia significativa tanto positivas como negativas, sobre diferentes componentes ambientales, incluyendo las comunidades ubicadas en su área de influencia.

Desafortunadamente hasta hace muy poco tiempo, estos efectos eran completamente ignorados por los ingenieros y por tanto la construcción de las obras además del beneficio social y económico que cada una de ellas pretende, producen efectos ambientales de carácter adverso, tanto sobre los ecosistemas naturales como sobre las comunidades ubicadas en su área de influencia, que reducen significativamente los beneficios del proyecto o pueden alterar el balance neto del beneficio y convertirlos en proyectos que producen mayores efectos adversos que benéficos.

Con la Gestión Ambiental, no se pretende impedir la realización de los proyectos, como es la creencia común en el campo de la ingeniería, sino por el contrario optimizar su realización, al diseñarlos considerando el contexto global del ambiente en sus aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos, para prever efectos importantes que pueden tener un costo significativo si no se consideran y pueden producir grandes beneficios y ahorro en costos de operación y mantenimiento, al ser considerados desde las primeras etapas de planificación de los proyectos.

En resumen, la Gestión Ambiental, es una herramienta de planificación y optimización de la Ingeniería.

2. OBJETIVOS DEL MODULO

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo del módulo de Impacto es el de suministrar a los participantes, las guías y especificaciones básicas necesaria para la elaboración y/o contratación de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que se deben realizar por requerimientos de las autoridades nacionales competentes ó las entidades crediticias internacionales, para los diferentes proyectos de desarrollo que se puedan adelantar en el país.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Metodológicos

Específicamente este curso pretende contestar a los siguientes interrogantes:

Que es un Estudio de Impacto Ambiental? En que etapa del proyecto se debe realizar? Como se hace? Quienes lo hacen? Para que sirve? A quien se le presenta? Cuanto vale?

Además de contestar los anteriores interrogantes este manual pretende:

1. Hacer una distinción entre un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y un Plan de manejo Ambiental. (PMA).
2. Definir a que proyectos se les debe realizar cada uno de los anteriores estudios.
3. Determinar el alcance de los E.I.A para cada una de las etapas del proyecto.
4. Describir las principales metodologías de Identificación y Cuantificación de los Impactos Ambientales.
5. Dar directrices sobre las medidas de mitigación que se deben implementar en cada tipo de proyecto y como estimar sus costos.
6. Analizar la relación entre los costos ambientales y los costos de las medidas de mitigación.
7. Conceptuar sobre la posibilidad de descartar proyectos cuyos costos ambientales sean significativos.

2.2.2 Legales

1. Analizar el marco legal de la protección ambiental, considerando la legislación vigente y los artículos de la nueva Constitución Política de Colombia.

2.2.3 Ambientales

1. Contribuir al uso racional e integrado de los recursos naturales.
2. Contribuir a una mejor calidad de vida en el área de influencia de los proyectos.
3. Contribuir a minimizar los efectos negativos y maximizar los beneficios que dichas obras generen en el medio natural y social en su área de influencia.
4. Contribuir al mejoramiento del diseño y funcionalidad de las obras y a la reducción de sus costos globales, minimizar imprevistos y atenuar conflictos.
5. Contribuir a la preservación de la obra y del medio en el marco de la planificación integral.
6. Desarrollar en todo proyecto y obra de ingeniería una gestión ambiental como parte integrante del plan.
7. Asegurar que los costos asociados a la gestión ambiental deben formar parte del presupuesto total de inversión de las obras.

3. ASPECTOS GENERALES DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Durante la época de los años 50 se inició en los países desarrollados una creciente preocupación por la interacción entre los proyectos y programas de desarrollo y sus consecuencias ambientales. En ellos ha sido el público el encargado de exigir que los factores ambientales sean considerados explícitamente en los procesos de decisión. En los países en vía de desarrollo esta inquietud también se ha presentado, pero no ha sido el público, sino el sector gubernamental quien ha liderado el proceso, por falta de cultura y concientización de la población.

Las políticas, los programas y los proyectos, en países desarrollados, hasta la década del 60, se formulaban y evaluaban de acuerdo a criterios técnicos, económicos y políticos. No se consideraban los efectos potenciales sobre el medio ambiente, la salud y los aspectos sociales. Esta situación cambió en los Estados Unidos con la expedición de la Ley de Política Nacional Ambiental (National Environmental Policy Act) en 1969.

En Colombia se expidió el decreto 2811 de 1974 que es el Código de Recursos Naturales Renovables y Protección al medio ambiente. Sin embargo hoy en día 25 años después de haberse expedido, en Colombia se siguen formulando programas, políticas y proyectos por parte del gobierno, sin tener en cuenta estas consideraciones.

Para la evaluación de proyectos tradicionalmente se consideraban solamente los aspectos de beneficio costo, expresando todos los posibles efectos del proyecto en términos económicos y monetarios. Sin embargo en determinados proyectos tales como la presa de ASWAM o el tercer aeropuerto de Londres, donde se evaluaron los efectos solamente en términos monetarios, los resultados no fueron satisfactorios y causaron efectos reales adversos y muy diferentes a los esperados, tales como la reducción de la fertilidad del valle del Nilo, al controlar las inundaciones que aportaban sedimentos nutrientes para el suelo; que debieron ser reemplazados por fertilizantes, la reducción de la pesca en el delta del río, por la misma causa o los problemas asociados con la operación del aeropuerto.

La razón de no haberse incluido estos efectos, se debió a la falta de participación de profesionales de otras disciplinas, específicamente biólogos y sociólogos. Para suplir esta deficiencia se iniciaron estudios multidisciplinarios y se acuñó el término Estudios de Impacto Ambiental.

Este concepto se consideró por parte de los ambientalistas como una herramienta útil para reforzar su causa y desde entonces ha venido evolucionando como una aproximación muy completa de evaluación en el cual, las consideraciones ambientales, así como las técnicas y económicas, se le da un peso apropiado al proceso de toma de decisiones.

Inicialmente se consideraron como una ayuda a los estudios económicos y se diseñaron para incorporar todos los impactos potenciales que puedan causar algún tipo de problemas con la evaluación económica.

Por esta razón fueron los economistas y no los ambientalistas quienes acuñaron el nombre de estudios de impacto ambiental, a los estudios de factibilidad técnica y económica a los cuales les añadieron la variable ambiental.

En los estudios de impacto ambiental se deben plantear para cada proyecto los siguientes interrogantes:

- Es el proyecto necesario?
- Cuales son las alternativas relevantes que pueden dar el mismo beneficio y como se comparan en términos de la evaluación ambiental?
- Cuales son los niveles de seguridad pública en relación con tecnologías peligrosas?
- Que grado de protección ambiental se debe garantizar en áreas de valor ecológico significativo y de valor paisajístico?

Los EIA son una herramienta básica de planificación que permiten poder realizar una acertada evaluación de las propuestas, programas, políticas y proyectos de desarrollo. Sin embargo mientras ellos puedan jugar un papel importante en formular planes, políticas y programas gubernamentales en forma acertada, se continuarán aplicando a nivel de proyecto.

El objetivo de un EIA es el de determinar los potenciales impactos ambientales, sociales y sobre la salud y bienestar de las personas, de una determinada acción de desarrollo. Intentan definir y evaluar los efectos sobre el ambiente físico, biológico y socioeconómico, en forma tal que permita tomar una decisión lógica y racional.

Se define EIA como " Una identificación y evaluación sistemática de los efectos e impactos de un proyecto, un programa, un plan o un acto legislativo propuesto, relacionados con los aspectos del medio ambiente físico, biótico y socioeconómico. El objetivo principal es el de fomentar y fortalecer las consideraciones ambientales en la planificación y toma de decisiones para lograr adelantar proyectos que sean ambientalmente compatibles." Se realizan con el fin de suministrar a quienes toman las decisiones sobre la realización o no del proyecto, información a cerca de las implicaciones que éste puede tener sobre los diferentes componentes del medio.- El resultado es un documento que contienen la discusión de los beneficios e impactos adversos y benéficos originados por el proyecto, plan o política. Sobre el ambiente en su conjunto, este es sobre los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos. Se debe tener en cuenta que existen otros factores que pueden influir en la decisión final de realizar o no un proyecto, como por ejemplo una alta tasa de desempleo, o satisfacer necesidades energéticas apremiantes .

La ley de política ambiental de los Estados Unidos está considerada como la Carta Magna de la protección ambiental, porque después de su expedición ha servido de guía para que más de 75 países hayan adoptado políticas similares de protección del entorno. Por esta razón vale la pena detenemos un poco sobre su contenido.

Los objetivos de dicha política son:

- Cumplir la responsabilidad de cada generación como la depositaria del ambiente para las futuras generaciones.
- Garantizar a todos los ciudadanos un medio ambiente seguro, sano, productivo y estética y culturalmente agradable.
- Obtener la mayor productividad por el uso del ambiente sin deteriorarlo, causar riesgo para la salud y seguridad de las personas o causar cualquier otra no intencional o indeseable consecuencia.
- Preservar sitios históricos, culturales o naturales, que hacen parte de la herencia nacional y mantener dentro de lo posible un ambiente que garantice la diversidad y variedad de escogencias individuales.
- Lograr un balance entre la población y el uso de los recursos naturales que permita un digno (alto) nivel de vida y compartir ampliamente los atractivos de la vida.
- Incrementar la calidad de los recursos naturales y acercarse lo mas que se pueda a el

reciclaje de los recursos no renovables.

Respecto a los procesos para realizar EIA especifica que todas las agencias gubernamentales (federales) deben utilizar un procedimiento sistemático e interdisciplinario para realizar EIA el cual integrará la utilización de las ciencias naturales y sociales y el uso de las artes ambientales, en la planificación y toma de decisiones que pueden tener un impacto sobre el ambiente humano.

Los EIA deben cubrir las siguientes cinco grandes áreas:

- El impacto ambiental de la acción propuesta.
- Cualquier efecto adverso que no pueda ser evitado deberá tener una medida de mitigación para su implementación.
- Se deben analizar alternativas a la acción propuesta.
- Se debe analizar la relación entre el uso local a corto plazo de los recursos, contra la continuidad y mejoramiento de la productividad a largo plazo.
- Cualquier uso de los recursos en forma irreversible e irreparable que pueda estar involucrada en un proyecto, deberá ser mitigado o protegido en forma conveniente.

Considera tres niveles de análisis para todos los proyectos, con el fin de determinar a cuales se les debe realizar un EIA , una Evaluación Ambiental o no requieren ninguno de estos dos análisis.

1. Explícitamente excluidos.

Los explícitamente excluidos, son acciones , programas o proyectos, que en forma individual o en forma acumulativa no tienen un efecto significativo sobre el ambiente humano y que se han definido como tales por la autoridad ambiental, en este caso el consejo de calidad ambiental (CEQ). No requieren ni una evaluación ambiental ni un EIA.

2. Requieren de una Evaluación Ambiental.

Se realiza para todo tipo de proyecto, no indicado como excluido, para determinar si se requiere un EIA o no. Una evaluación ambiental es un documento conciso y público, que sirve para suministrar en forma breve, suficiente evidencia y análisis para determinar si se debe preparar un EIA o un FONSI (finding of no significant impact) IINS (identificación de impacto no significativo) . Un FONSI, es un documento elaborado por una agencia federal que concisamente presenta las razones porque una acción , no excluida, no tendrá un efecto significativo sobre el medio ambiente humano y por que no es necesario realizar un EIA.

Un FONSI mitigado, se refiere a un proyecto propuesto al cual se le han incorporado las medidas de mitigación para reducir cualquier impacto adverso significativo a uno no significativo.

3. Requieren de un EIA.

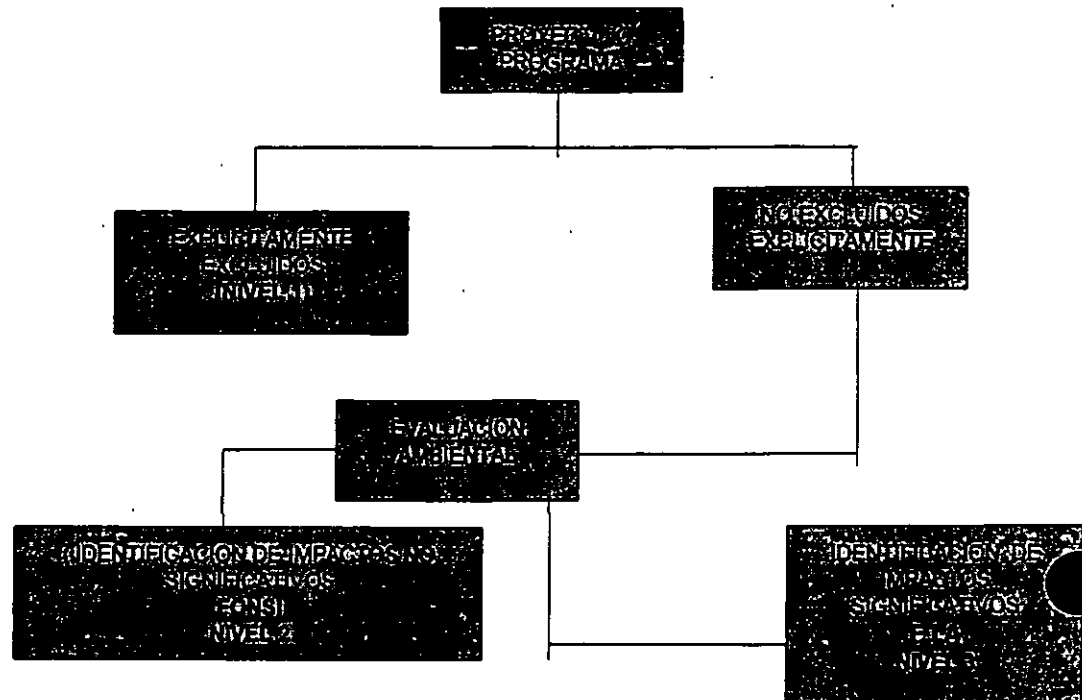
Se realizan para programas, políticas o proyectos que puedan causar impactos significativos sobre el ambiente y es una declaración escrita detallada que sirve como un instrumento con fuerza legal, para asegurar que la política y los objetivos definidos en la NEPA están inculcados en los programas y acciones que esta desarrollando el gobierno federal.

Deberá suministrar una completa y fidedigna discusión de los impactos ambientales significativos y deberá informar a quien tomará la decisión y al público las alternativas

razonables que permitirán evitar o minimizar los efectos adversos o mejorar la calidad del ambiente.

Un EIA es mas que un documento de divulgación; deberá ser utilizado por los oficiales federales en conjunto con otros documentos y material de importancia, para planificar acciones y tomar decisiones. En la figura N° 1 se ilustra este proceso.

FIGURA N° 1



La clave para determinar si un proyecto requiere o no EIA es la palabra "significativamente" o "impacto significativo".

En este aspecto se debe se debe considerar el significado de la palabra en su contexto e intensidad. En el primer caso debe ser analizado respecto a la sociedad como un ente, por ejemplo la región o localidad afectada, los intereses afectados, la intensidad de la afectación y la duración del efecto. Respecto a la intensidad se refiere a la severidad del impacto. Los siguientes puntos se deben considerar al evaluar la intensidad.

1. La ocurrencia del impacto, que puede ser positiva o negativa. Un impacto significativo puede ser positivo.
2. El grado en el cual el proyecto propuesto puede afectar la salud pública o su seguridad.
3. Afectar características únicas del área de influencia tales como proximidad a sitios históricos, parque nacionales, tierra agrícola de primera calidad, humedales y ciénagas, áreas ecológicas de gran valor o críticas y sitios de vida silvestre de importancia por su biodiversidad.
4. El grado en el cual el efecto sobre la calidad del ambiente humano tiene alta probabilidad de ser modificado y su impacto es controversial.
5. El grado en el cual los posibles efectos sobre el ambiente humano son inciertos el alto grado o involucra riesgos desconocidos.
6. El grado en el cual la acción o proyecto puede establecer precedentes para acciones futuras con impactos significativos o representa un decisión básica para consideraciones futuras.

7. Cuando la acción esta relacionada con otras cuyo impacto individual es insignificante pero acumula impactos significativos.
8. El grado en el cual la acción puede afectar adversamente monumentos nacionales o carreteras principales o significa la destrucción de sitios de importancia científica, cultural o histórica.
9. El grado en el cual la acción propuesta puede afectar adversamente especies amenazadas, en peligro o en vía de extinción o habitat que han sido identificados como refugio de especies en peligro.
10. Cuando la acción tiene riesgos de violar las leyes y decretos de protección del medio ambiente.

3.2 VENTAJAS DE LOS EIA.

- Los EIA son mecanismos que ayudan el uso eficiente de los recursos naturales y humanos involucrados en el proyecto.
- Reduce el costo y el tiempo requerido para tomar una decisión, minimizando la duplicidad de esfuerzos y la subjetividad, al identificar las consecuencias primarias y secundarias que pueden necesitar el uso de sistemas de control, compensaciones y otros costos , que muy posiblemente se presentaran en una fecha posterior.

El aporte de los EIA a una mejor toma de decisiones es múltiple, pero para ello deben realizarse desde la etapa mas temprana de un proyecto, esto es en la etapa de prefactibilidad de diseños y evaluación económica.

Deben ser parte integral en el diseño de los proyectos,, en lugar de realizarse una vez se ha completado la etapa de diseño. Debe hacer parte de el proceso de decisión del proyecto por etapas. Esto quiere decir que debe haber una permanente retroalimentación entre lo que encuentra el EIA , el diseño del proyecto y su localización.

Pueden emplearse para ensayar alternativas de diseño del proyecto, en las etapas iniciales., para escoger el diseño que enfatiza los beneficios y minimiza los efectos dañinos. Se deben utilizar no solo para identificar efectos adversos sin para optimizar beneficios.

El surgimiento de una óptima alternativa en términos del objeto del proyecto, significa que los EIA tienen una ventaja a largo plazo. Si se identifica un problema de manera oportuna durante la etapa de planificación, permitirá realizar un ahorro considerable. En una etapa inicial abandonar un proyecto, puede presentarse si todas las alternativas de diseño o localización se consideran inapropiadas en términos de posibles impactos negativos. Esto evitara costo. Es muy probable que las modificaciones en el diseño puedan reducir la necesidad de acciones de alivio costosas una vez el proyecto este en la eta de operación.

Si no se analizan los efectos probables de un desarrollo , puede causar serios problemas sociales y ambientales.

La incorporación de los EIA en el proceso de decisiones crea un número de beneficios. Si se prevé la probabilidad de un impacto, se pueden tomar medidas preventivas o proveer la infraestructura necesaria para minimizarlo.

Cuando existe incertidumbre sobre un futuro desarrollo, los EIA pueden identificar estas áreas mas susceptibles a efectos adversos y guiar la selección de un sitio. Para que sean efectivos, los EIA deben utilizarse cuando los sitios alternativos son pocos, porque de otra forma requieren gran cantidad de tiempo y ser muy costosos. Pueden ayudar a identificar el sitio mas

apropiado en términos de maximizar los beneficios y reducir los efectos adversos.

3.3 DESVENTAJAS DE LOS EIA.

Los EIA no se deben ver como una panacea universal que remediará todos los problemas ambientales. Tienen un uso limitado en ciertas áreas de toma de decisiones, donde hay un número de dificultades. Ellas incluyen:

- Políticas nacionales formuladas por representantes del gobierno, donde la evaluación estaría confinada a la consideración de las implicaciones de dicha política.
- Propuestas que resultan como resultado de una necesidad general, como creación de empleo, donde sería inapropiado utilizar los EIA para justificarlo.
- Cuando se pretende utilizar un EIA como solución a una disputa . Su efectividad e imparcialidad puede ser impedida por el promotor que esta totalmente comprometido con un determinado proyecto.
- Si no se da suficiente tiempo para ejecutarlo, porque la posibilidad de hacer modificaciones a la acción propuesta o al diseño, es mínima y se hace imposible una discusión objetiva. Dichos EIA tienden a perder su objetividad y se desprestigian.
- Cuando el EIA esta sesgado en favor de la agencia responsable de su evaluación. Se puede convertir en un documento de relaciones públicas en lugar de una ayuda para la toma de decisiones. Los dueños de los proyectos tienden a elaborar documentos enciclopédicos, para persuadir a la autoridad evaluadora de la bondad del proyecto.
- Cuando se elaboran EIA muy superficiales y no suministran adecuada información específica de los impactos.

3.4 ALCANCE DE LOS EIA.

En principio, los EIA, se deben aplicar a acciones que probablemente puedan tener un efecto significativo sobre el ambiente. El alcance potencial de un sistema integrado de EIA, es considerable y incluir la evaluación de una política, plan programa o proyecto. El beneficio de una estructura secuencial de EIA en el cual las implicaciones ambientales de políticas a diferentes niveles del gobierno, sean vistas como el nivel mas alto de decisiones ambientales. Las políticas en si mismas ambientalistas, pero pueden tener consecuencias ambientales.

Las ventajas de una aproximación por niveles sobre el procedimiento que esta restringido a proyectos de desarrollo son:

- En el último caso, las opciones disponibles están severamente limitadas por decisiones previas tomadas a niveles mas altos. Especificaciones erradas sobre la evaluación de un proyecto pueden ocurrir en niveles superiores no sujetos a dicha evaluación. El aspecto puede ser donde ocurrirá el impacto y no si el debe ocurrir.
- La evaluación de un proyecto individual solo se puede realizar una vez la propuesta se ha realizado. Esto no garantiza selección optima del sitio, y una realizar una evaluación completa de todas las alternativas puede ser muy costoso y tomar mucho tiempo.
- El alcance del grado de alternativas viables decrece con el nivel del proyecto. También la voluntad de contemplar las alternativas, también.
- La disponibilidad de tiempo para recolectar y analizar información ambiental se vuelve muy restrictiva en los niveles mas bajos, a menos que se emprenda un programa de línea base ambiental independientemente de proyectos individuales.
- Cuando los proyectos son pequeños en tamaño, pero colectivamente grande en número, los ESIA se reducen el tiempo de valuación.

Si los planes están basados en evaluaciones ambientales completa, las propuestas de proyectos específicos que se ajustan a ellas, probablemente requieran una evaluación ambiental detallada. La preparación de los planes deben estar basadas en información adecuada relacionada con las condiciones ambientales existentes y la implicación de los cambios posibles. Una recopilación sistemática, de información, su análisis, almacenamiento y actualización periódica, mejorará en gran medida la calidad de los EIA posteriores y reducirá el tiempo de ejecución y su costo. Los EIA y la planificación del uso de la tierra, deben ser vistos como mutuamente complementarios.

3.5 SELECCIÓN DE PROYECTOS PARA REALIZARLES E.I.A.

La literatura existente sobre los EIA se ha centrado en la efectividad de los procedimientos, métodos y técnicas de predicción, para lograr los objetivos deseados. El éxito de los EIA sin embargo , es tan efectivo como la cobertura del proyecto al cual se le aplica. Muy poca atención se ha prestado al tópico de seleccionar aquellos proyectos que deben estar sujetos a EIA. En algunas partes son las entidades gubernamentales las definen este aspecto. En otros, se seleccionan los proyectos, según el tamaño, las condiciones ambientales del sitio, singularidad del proyecto u oposición de la comunidad.

Para seleccionar cuales proyectos requieren EIA se deben hacer las siguientes consideraciones:

- Por los límites del tamaño, costo o consumo de energía.
- Características ambientales del área del proyecto y sensibilidad de los ecosistemas existentes.

Mediante un proceso de eliminación se puede elaborar una lista de proyectos susceptibles de requerir EIA. Con una evaluación inicial del proyecto se puede determinar si se requiere un EIA detallado. Para realizar esta evaluación preliminar se deben examinar los siguientes componentes:

- Una descripción ambiental del sitio evaluando las condiciones físicas, bióticas, socioeconómicas y de salud pública, donde se pretende realizar el proyecto y que pueden ser afectadas por el mismo. Este evaluación conforma la línea base contra la cual se puede evaluar el impacto. Los usos del suelo existentes se deben identificar , para determinar cuales están en conflicto o son complementarios al proyecto.
- Los potenciales efectos ambientales se deben identificar cuantificando su magnitud en relación con las condiciones prevalecientes. Esta evaluación puede identificar aquellos intereses que pueden ser beneficiados o degradados por el proyecto.
- Se debe describir los mecanismos de control ambiental como una lista de normas ambientales que se deben cumplir.

3.6 RESPONSABILIDAD PARA IMPLEMENTAR LOS EIA.

La responsabilidad de realizar los EIA por lo general se delega en alguna de las siguientes entidades:

- La agencia gubernamental. Le puede restar imparcialidad.
- El dueño del proyecto en forma directa o mediante la contratación de consultores. Le puede restar imparcialidad.
- Compartir la responsabilidad entre la autoridad ambiental y el dueño del proyecto. Se considera la mejor opción. La autoridad ambiental elabora los términos de referencia y las guías del EIA y el dueño del proyecto es responsable por los costos y la elaboración de la evaluación, mediante el empleo de consultores.

- Una alternativa es que estos estudios sean realizados por un ente independiente especializado, que es financiado total o parcialmente por el gobierno y que debe recabar información de todas las partes. La imparcialidad de esta última alternativa, se mejora en los siguientes aspectos:
 1. Elabora guías genéricas o estándares mínimos para la forma y el contenido de los EIA.
 2. Supervisor por un cuerpo de control revisor, que no tiene intereses en el proyecto.
 3. Hace obligatoria la consulta con organizaciones relevantes y competentes.
 4. Publicación y provisión de discusión pública de los impactos evaluados.

3.7 REVISIÓN DE LOS EIA.

Es importante que la autoridad ante la cual se presenta el EIA sea capaz de revisarlo y asegurar que éste se elaboró de acuerdo a los términos de referencia. Esta autoridad es por lo general la que otorga el permiso para poder realizar el proyecto

Para poder realizar una revisión imparcial e idónea, la autoridad ambiental debe:

- Determinar si el alcance de la evaluación es el adecuado y se circunscribe a la magnitud y efectos del proyecto. En este punto se debe considerar que los términos de referencia son una guía que se deben ajustar a las condiciones específicas del proyecto y del entorno en el cual se va a desarrollar y no una especificaciones a las que hay que ceñirse estrictamente
- La revisión la debe realizar un grupo interdisciplinario de profesionales con experiencia en el área ambiental y suficiente criterio para poder dar una opinión acertada.
- La revisión se debe realizar en un tiempo prudencia y suficiente para permitir una asimilación del alcance del estudio. Sin embargo no debe ser muy largo porque influye negativamente en el normal desarrollo del proyecto.

3.8 INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LOS EIA.

La participación ciudadana en el proceso de evaluación de los EIA es una parte integral de la democracia participativa de que habla la constitución del 91. En los países desarrollados en una obligación consultar a las comunidades potencialmente afectadas por un proyecto, mediante audiencias públicas. En Colombia, es obligatorio para determinados tipos de proyectos y cuando existen minorías étnicas en el área de influencia, se debe concertar con ellas.

El objetivo de involucrar a la comunidad es el de tener otro punto de vista del proyecto, recoger información sobre el ambiente local y las condiciones económicas y sociales, así como identificar impactos difícilmente detectados por el grupo evaluador. Adicionalmente estos contactos incrementan la aceptabilidad del proyecto porque el público tendrá un mayor conocimiento del mismo y se evitan rumores que conllevan a falsas expectativas y especulaciones sobre el mismo

Sin embargo es un proceso costoso, que consume tiempo en el desarrollo del EIA y puede involucra a personas ajenas a las comunidades afectadas, con otros intereses.

En Colombia, las audiencias públicas, se realizan de acuerdo al artículo 72 de la ley 99 de 1993 y podrán ser solicitadas por el procurador general de la Nación o el delegado para asuntos ambientales, el defensor del pueblo, el ministro del medio Ambiente, las demás autoridades ambientales, los gobernadores, los alcaldes o por lo menos 100 personas o tres entidades sin ánimo de lucro, cuando se desarrolle o se pretenda desarrollar una obra o actividad que pueda causar impacto al medio ambiente o a los recursos naturales renovables y para la cual se exija

permiso o licencia ambiental.

Por la experiencia que se tienen de este tipo de audiencias, se han convertido más en un foro donde las comunidades quieren ser escuchadas por la autoridad, respecto a todos los problemas que las agobian y para los cuales el gobierno nacional no ha aportado los recursos necesario para su solución. Por lo general rara vez aportan información sobre las características ambientales del área y sobre los impactos del proyecto. Muestran si la realidad nacional de pobreza y abandono en que viven la población marginada en áreas apartadas y en barrios subnormales de las ciudades.

3.9 COSTOS DE LOS EIA.

Realizar un EIA es una labor costosa por que requiere de la participación de un grupo multidisciplinario de profesionales, tales como geólogo, hidrogeólogo, agrólogo, climatólogo, ingeniero forestal, ingeniero sanitario o ambiental, biólogo, sociólogo, economista, arqueólogo y abogado. Se debe realizar la recopilación de una gran cantidad de información primaria y secundaria, muchas veces en áreas remotas de difícil acceso. Cambios en el diseño, como producto de los análisis ambientales, pueden incrementar aún mas este costo. Sin embargo, estos costos se compensan con un mejor diseño del proyecto y un menor costo de operación y mantenimiento del mismo, por mejor diseño.

A medida que se dispone de mayor información sobre las condiciones ambientales de un área y se sistematicen los procedimientos de evaluación y los planes de mitigación, los costos de estos estudios se reducen.

Los costos de realizar un EIA dependen del tipo de proyecto y de la complejidad del ecosistema donde se va a realizar, así como del nivel del mismo o profundidad requerida.

En países desarrollados este costo, expresado como un porcentaje del valor del proyecto (no del estudio) varían entre el 0.05% y el 2%. En los estados unidos puede estar del orden del 1%, pero se hacen EIA con costos muy inferiores.

En Colombia, donde estos estudios no se consideran como parte integral de los diseños, sino como un apéndice o requisito, tanto las autoridades gubernamentales como las entidades privadas que adelantan proyectos que requieren licencia ambiental, asignan un mínimo presupuesto para estos casos que no llega al 0.05% en el mejor de los casos. Es necesario aclarar que tanto las entidades gubernamentales como las privadas han propiciado una guerra de precios entre las firmas consultoras para obtener el estudio de impacto ambiental al menor costo y en el menor tiempo posible, sin permitir que se intervenga para nada en el diseño del proyecto, pues éste se entrega como un insumo del EIA. Por esta razón los RIA que se realizan en el país, no sirven para el propósito por el cual se exigen, y su efectividad es mínima.

4. MARCO LEGAL DE LOS E.I.A

4.1 LEYES Y DECRETOS DE CARÁCTER NACIONAL

La ley 23 de 1973 que le confirió facultades al presidente de la república para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente, es el primer instrumento legal que habla implícitamente sobre los estudios ambientales. En el Artículo 15 establece que toda persona natural o jurídica que utilice elementos susceptibles de producir contaminación, está en la obligación de informar al gobierno nacional y a los consumidores, acerca de los peligros que el uso de dichos elementos puedan ocasionar sobre la salud humana o al ambiente.

El Decreto 2811 de 1974, que constituye el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, establece en el Artículo Primero que "El ambiente es patrimonio común, el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social". En el Artículo 27 establece específicamente la obligatoriedad de elaborar la Declaración de Efecto Ambiental por parte de "toda persona natural o jurídica, pública o privada que proyecte realizar o realice cualquier obra o actividad, susceptible de producir deterioro ambiental, está obligada a declarar el peligro presumible que sea consecuencia de la obra o actividad".

En el Artículo 28 habla explícitamente del Estudio Ecológico y Ambiental al señalar que "Para la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquiera otra actividad que por sus características pueda producir deterioro grave a los Recursos Naturales o al Medio Ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje, será necesario el estudio Ecológico y Ambiental previo, y además obtener licencia.

En dicho estudio se tendrán en cuenta, aparte de los factores físicos, los de orden económico y social, para determinar la incidencia que la ejecución de las obras mencionadas pueda tener sobre la región".

El Decreto 1594 de 1984, reglamentario del Título I de la ley 9 de 1979 y del Decreto 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, establece en el Capítulo XIII, en el Artículo 150, la exigencia por parte del Ministerio de Salud o de la EMAR (Entidad encargada del Manejo del Recurso), la presentación de un estudio de Efecto o Impacto Ambiental, por parte de "personas naturales o jurídicas, responsables de las actividades indicadas en el siguiente artículo, la presentación de un estudio de Efecto o Impacto Ambiental, cuando ellos por su magnitud puedan causar efectos nocivos para la salud o sean susceptibles de producir deterioro ambiental".

En el artículo 151 se definen entre otras las siguientes situaciones para la presentación del E.I.A:

- Cuando los vertimientos contengan sustancias de interés sanitario y presenten alto riesgo para la salud humana.
- En proyectos de generación de energía y embalses.
- En complejos de exploración y explotación de los recursos naturales no renovables.
- En modificaciones del curso de las aguas entre cuencas.
- En construcción de terminales aéreas, marítimos y fluviales.
- En obras civiles que impliquen grandes movimientos de tierra.
- En exploraciones y explotaciones de cauces y de suelos y subsuelos marinos.
- En nuevos asentamientos humanos y parques industriales.

El Artículo 152 establece el contenido mínimo de un Estudio de Efecto Ambiental o de Impacto Ambiental; el Artículo 153 establece que para la asignación de usos, concesiones de agua o expedición de permisos de vertimiento entre otros, es necesario la aprobación del estudio de efecto o impacto ambiental.

4.1.1 Ley 99 de 1993.

La ley 99 de diciembre 22 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la Gestión Ambiental, y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables y organiza el Sistema Nacional Ambiental.

En el título I, artículo 1, numeral 11 establece que ... " Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico par la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente al medio ambiente natural o artificial"

El Titulo VIII se refiere a las Licencias Ambientales y en el artículos 57 define los estudios de impacto ambiental como ... " el conjunto de información que deberá presentar ante la autoridad ambiental competente el peticionario de una licencia ambiental"

4.1.2 Decreto 1753 de 1994.

El decreto 1753 de agosto 3 de 1994, reglamente parcialmente los títulos VIII y XII de la ley 99 de 1993, sobre Licencias Ambientales.

Este decreto establece que proyectos deben obtener licencia ambiental y cual es la competencia del Ministerio del Medio Ambiente y de las Corporaciones Regionales para otorgarlas.

En el artículo 7 establece que es competencia del MMA otorgar de manera privativa la Licencia Ambiental en los siguientes casos:

1. ejecución de obras y actividades de exploración, explotación, transporte, conducción y depósito de hidrocarburos, construcción de refinerías, refinación de petróleo y los desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación.
2. Ejecución de proyectos de gran minería, entendiéndolos como, la explotación, montaje, producción, beneficio, almacenamiento, acopio, transporte, fundición, procesamiento y transformación de minerales, de conformidad con las definiciones y la clasificación de la gran minería contenidas en el Código Minero.
3. Construcción de presas, represas o embalses con capacidad superior a doscientos millones de metros cúbicos y construcción de centrales generadoras de energía eléctrica que excedan los 100,000 KW de capacidad instalada, así como el tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica y proyectos de exploración y usos de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes.
4. Construcción o ampliación de puertos marítimos de gran calado, entendiéndose por tales aquellos en los cuales pueden atracar embarcaciones de 10,000 o más toneladas de registro neto o en aquellos en que se moviliza una carga superior a un millón de toneladas al año, aunque ésta se realice mediante fondeo.
5. Construcciones de instalación, ampliación o mejoramiento de aeropuertos internacionales.
6. Ejecución de obras públicas de las redes vial, fluvial y ferroviaria nacionales, incluyendo la ampliación de vías de la red vial nacional.
7. Construcción de distritos de riego para más de 20,000 hectáreas.

8. Producción e importación de pesticidas y de aquellas sustancias, materiales o productos sujetos a controles por virtud de tratados, convenios y protocolos internacionales ratificados por Colombia y vigentes.
9. Proyectos que afectan el Sistema de Parques Nacionales Naturales.
10. Proyectos que adelanten las Corporaciones Autónomas Regionales a que hace referencia el inciso segundo del numeral 19 del Artículo 31 de la ley 99 de 1993. Que dice "... cuando se trate de obras de riego y avenamiento que de acuerdo con las normas y los reglamentos requieran de licencia ambiental, ésta deberá ser expedida por el MMA"
11. Transvase de una cuenca a otra de corrientes de agua que excedan de 2 m³/seg durante los períodos de mínimo caudal.
12. Introducción al país de parentales para la reproducción de especies foráneas de flora y fauna silvestre que puedan afectar la estabilidad de los ecosistemas o de la vida salvaje.
13. Generación de energía nuclear.
14. Fabricación de municiones y explosivos.
15. Los casos establecidos en el parágrafo 2 del artículo 8 del presente decreto.

En el artículo 8 se establece la competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales para expedir la Licencia Ambiental en los siguientes casos.

1. Actividades de exploración, explotación, beneficio, transporte y depósito de los recursos naturales no renovables, realizadas en desarrollo de la mediana y pequeña minería.
2. Construcción de presas, represas o embalses con capacidad inferior o igual a doscientos millones de metros cúbicos.
3. Construcción y operación de distritos de riego y drenaje para áreas inferiores o iguales a 20,000 hectáreas.
4. Construcción de centrales generadoras de energía inferior o igual a 100,000 KW de capacidad instalada, así como el tendido de líneas de transmisión o conducción en el área de jurisdicción de respectiva Corporación Autónoma Regional, no pertenecientes al sistema nacional de interconexión eléctrica.
5. Construcción, ampliación, modificación, adecuación y operación de puertos o terminales marítimos.
6. Estaciones de servicio de combustible, depósitos de combustible y plantas envasadoras y almacenamiento de gas.
7. Construcción, ampliación, modificación, adecuación y operación de aeropuertos nacionales públicos y privados, y de terminales aéreos de fumigación.
8. Ejecución de obras públicas de la red vial, no pertenecientes al sistema nacional.
9. Transporte y almacenamiento de sustancias, desechos y residuos peligrosos u otros materiales que puedan ocasionar daño al medio ambiente con excepción de hidrocarburos.
10. Construcción y operación de bodegas, tanques e infraestructura de almacenamiento de sustancias, residuos y desechos peligrosos.
11. Proyectos de aprovechamiento forestal único o persistente de carácter comercial.
12. Proyectos de reforestación y silvicultura comercial, en caso de no existir un plan de ordenamiento forestal. Si lo hubiere, se requerirá un permiso de la autoridad ambiental competente.
13. Establecimientos comerciales de zoológicos, floricultura intensiva y granjas pecuarias, acuícolas, piscícolas y avícolas.
14. Construcción de sistemas de acueducto en áreas urbanas para el abastecimiento de agua potable a más de 5000 usuarios.
15. Construcción y operación de sistemas de alcantarillado, interceptores marginales, sistemas y estaciones de bombeo y plantas de tratamiento y disposición final de aguas residuales de entidades territoriales bajo jurisdicción de la CRA respectiva.
16. Construcción y operación de sistemas de manejo y disposición final de residuos sólidos y desechos industriales, domésticos y peligrosos, de entidades territoriales bajo jurisdicción de

- la CRA respectiva, que no estén sujetos a controles por virtud de tratados internacionales, conforme a lo establecido en el numeral 8 del artículo 7 de este decreto. No requiere licencia ambiental la recolección y manejo de residuos reciclables no tóxicos o no peligrosos destinados a reciclaje.
17. Diseño y establecimiento de complejos y distritos o ciudadelas industriales y zonas francas.
 18. Diseño y establecimiento de complejos y proyectos turísticos, recreacionales y deportivos.
 19. El desarrollo de parcelaciones, lotes, condominios y conjuntos habitacionales en zonas donde no exista un plan de ordenamiento de uso del suelo aprobado por la CRA correspondiente.
 20. La construcción de obras y desarrollos de las siguientes actividades, cuando no exista un plan de ordenamiento y uso del suelo aprobado por las autoridades municipales o distritales y por la respectiva autoridad ambiental competente: a) Hospitales; b) Cementerios; c) Centros de acopio para almacenamiento y distribución de alimentos; d) Sistemas de transporte masivo; e) Construcción, ampliación, modificación, adecuación y operación de terminales para el transporte terrestre de pasajeros y carga.
 21. Industria manufacturera de productos alimenticios.
 22. Industria manufacturera de textiles, prendas de vestir y cueros.
 23. Industria manufacturera de maderas y muebles.
 24. Industria manufacturera de papel, impresos y editoriales.
 25. Industria manufacturera de sustancias químicas, derivados del petróleo y del carbón y el caucho.
 26. Industria manufacturera de productos minerales no metálicos, excepto el petróleo y el carbón.
 27. Industria manufacturera metálica básica.
 28. Industria manufacturera de productos metálicos, maquinaria y equipos.
 29. Manipulación genética y producción de microorganismos con fines comerciales.
 30. Las obras o actividades que requieran concesión, licencia o autorización de la DIMAR o de la Superintendencia General de Puertos.

4.1.2.1 Diagnostico Ambiental de Alternativas.

Es una evaluación que se puede exigir para comparar alternativas de diseño, trazado o ubicación de los siguientes proyectos o actividades:

1. Aquellas que son competencia del MMA, excepto la importación de las sustancias, los materiales o los productos de que trata el numeral 8 y los que trata el numeral 12 del artículo 52 de la ley 99 de 1993, además de la actividad exploratoria de la minería y de los hidrocarburos.
2. La construcción de presas, represas o embalses con capacidad entre quinientos mil (500,000) y doscientos millones (200'000,000) de metros cúbicos, y construcción de centrales generadoras de energía eléctrica entre cincuenta mil (50,000) y cien mil (100,000) KW de capacidad instalada y el tendido de líneas de transmisión o conducción en el área de jurisdicción de la respectiva CRA, no pertenecientes al sistema nacional de interconexión eléctrica, excepto las redes eléctricas de baja y mediana tensión.
3. La construcción de vías que no pertenezcan al sistema nacional de vías.
4. Construcción de distritos de riego y drenaje para áreas de superiores a 1518 hectáreas e inferiores a 20,000 hectáreas.

El DAA deberá contener como mínimo la siguiente información:

1. Objetivo del proyecto, obra o actividad.
2. Descripción de las diferentes alternativas del proyecto, obra o actividad en términos técnicos, socioeconómicos y geográficos. Dicha descripción deberá identificar los ecosistemas sensibles, críticos y de importancia ambiental y social.
3. Identificación, estimación y análisis comparativo de posibles impactos, riesgos y efectos derivados del proyecto, obra o actividad sobre el ambiente en sus distintas alternativas.
4. descripción de las posibles estrategias de prevención y control ambiental, para cada una de las alternativas.

4.1.2.2 Estudios de Impacto Ambiental.

El EIA es un instrumento para la toma de decisiones y para la planificación ambiental, exigido por la autoridad ambiental para definir las correspondientes medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad.

Se exigirá en todos los casos en que se requiera Licencia Ambiental.

El EIA tendrá los siguientes objetivos y alcances:

1. Describir, caracterizar y analizar el medio biótico, abiótico y socioeconómico, en el cual se pretende desarrollar el proyecto, obra o actividad.
2. Definir los ecosistemas que bajo el análisis ambiental realizado, a que hace referencia el numeral anterior, sean ambientalmente críticos, sensibles y de importancia ambiental e identificar las áreas de manejo especial que deban ser excluidas, tratadas o manejadas de manera especial en el desarrollo o ejecución del proyecto, obra o actividad.
3. Evaluar la oferta y vulnerabilidad de los recursos utilizados o afectados por el proyecto, obra o actividad.
4. Dimensionar y evaluar los impactos y efectos del proyecto, obra o actividad, de manera que se establezca la gravedad de los mismos y las medidas y acciones para prevenirlas, controlarlas, mitigarlas, compensarlas y corregirlas.
5. Identificar los planes gubernamentales a nivel nacional, regional o local que existan para el área de estudio, con el fin de evaluar su compatibilidad con el proyecto, obra o actividad.
6. Señalar las deficiencias de información que generen incertidumbre en la estimación, el dimensionamiento o evaluación de los impactos.
7. Diseñar los planes de prevención, mitigación, corrección, compensación de impactos y manejo ambiental a que haya lugar para desarrollar el proyecto, obra o actividad.
8. Estimar los costos y elaborar el cronograma de inversión y ejecución de las obras y acciones de manejo ambiental.
9. Evaluar y comparar el desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad contra los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas ambientales nacionales vigentes; y la conformidad del proyecto, obra o actividad con los tratados y convenios internacionales ratificados por Colombia.
10. Definir las tecnologías y acciones de preservación, mitigación, control, corrección y compensación de los impactos y efectos ambientales a ser usados en el proyecto, obra o actividad.

El EIA tendrá el siguiente contenido como mínimo:

1. Resumen del EIA.
2. descripción del proyecto, obra o actividad: incluirá la localización, las etapas, dimensiones, costos y cronograma de ejecución.

3. Descripción de los procesos y operaciones; identificación y estimación de los insumos, productos, subproductos, desechos, residuos, emisiones, vertimientos y riesgos tecnológicos, sus fuentes y sistemas de control dentro del proyecto, obra o actividad.
4. Delimitación, caracterización y diagnóstico de las áreas de influencia directa e indirecta, así como la cobertura y el grado de los impactos del proyecto, obra o actividad, con base en la afectación que pueda ocasionar sobre los diferentes componentes del ambiente.
5. Estimar los impactos y efectos ambientales: con base en la información de los numerales anteriores se identificarán los ecosistemas sensibles, críticos y de importancia ambiental y social. Igualmente se identificarán, caracterizarán y estimarán los impactos y efectos ambientales, su relación de causalidad y se elaborará el análisis de riesgos.
6. Plan de Manejo Ambiental: se elaborará el plan de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir y compensar los posibles impactos y efectos del proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. Deberá incluir el plan de seguimiento, monitoreo y contingencias.

4.2 REQUERIMIENTOS DE LAS ENTIDADES CREDITICIAS INTERNACIONALES

El Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, aplican los procedimientos ambientales a operaciones específicas de préstamos de inversión, préstamos sectoriales y proyectos de cooperación técnica.

Estos procedimientos se refieren a que el Banco debe identificar al comienzo del ciclo del proyecto, los problemas ambientales potenciales y clasificar los proyectos presentados por posibles prestatarios, de acuerdo con sus impactos ambientales potenciales, en cuatro categorías a saber:

- I. Proyectos u operaciones con impactos que mejoran la calidad ambiental.
- II. Proyectos u operaciones que son neutrales para el medio ambiente.
- III. Proyectos u operaciones con impactos ambientales potenciales de carácter negativo e intensidad moderada, para los que existen tecnologías alternativas o soluciones aceptables desde el punto de vista ambiental.
- IV. Proyectos u operaciones con impactos potenciales negativos de intensidad significativa.

Las operaciones clasificadas en las categorías III y IV requieren la evaluación del Impacto Ambiental. Para este tipo de proyectos, el Banco deberá:

- * Aprobar los términos de referencia de las evaluaciones de los impactos ambientales (EIA) preparados por el prestatario.
- * Supervisar periódicamente el EIA, cuya ejecución corre por cuenta del prestatario.
- * Revisar la evaluación una vez terminada.
- * Incorporar los resultados del EIA en el documento del proyecto.

4.3 LA NUEVA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA.

La Nueva Constitución Política de Colombia, contempla los aspectos ambientales en el Título II, Capítulo 3, artículos 79 - 81, que se transcriben a continuación.

Artículo 79. Derecho a un ambiente sano. Paisaje. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. Utilización racional de los recursos naturales. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Artículo 81. Defensa del ambiente. Queda prohibida la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos.

El Estado regulará el ingreso al país y la salida de él de los recursos genéticos, y su utilización, de acuerdo con el interés nacional.

Para la protección del medio ambiente se debe utilizar una aproximación sistemática e interdisciplinaria para garantizar que se integra el uso de las artes ambientales en la planificación y en la toma de decisiones que pueden tener un impacto sobre el ambiente humano; desarrollar procesos para asegurar que las amenidades ambientales y los valores se les da consideración apropiada en el proceso de la toma de decisiones, en forma similar que las consideraciones económicas y técnicas.

Se debe incluir en cada recomendación o reporte sobre una propuesta legislativa y otras acciones Federales que significativamente afecten la calidad del ambiente humano, una declaración detallada por el oficial responsable sobre:

- El impacto ambiental de la acción propuesta.
- Cualquier efecto ambiental adverso que no pueda ser evitado deberá la propuesta ser implementada.
- Alternativas a la acción propuesta.
- La relación entre los usos locales a corto plazo del ambiente humano y el mantenimiento y mejoramiento de la productividad a largo plazo
- Cualquier compromiso de recursos irreversible e irrecuperable que pueda estar involucrado en la acción propuesta deberá ser puesto en marcha o ejecutarse.

Se debe reducir papeleo, demoras, promover mejores decisiones y enfocar los estudios ambientales sobre aspectos e impactos que son relevantes

los profesionales que evalúan los impactos ambientales dentro de una determinada área específica de impactos, tal como los recursos naturales, calidad del aire o efecto sobre los vecinos, deben estar educados y calificados dentro del área de la disciplina que están evaluando.

Existe un problema y es que muchas veces el documento lo prepara un mismo individuo o grupo de individuos de similares reducidas rango de calificaciones. Por ello se requiere que el documento incluya una lista que indique el grupo interdisciplinario que trabajo en el documento.

La necesidad de mejores decisiones fue la respuesta al problema de que los estudios de impacto ambiental llegaban a ser un fin en si mismos y fallaban en establecer la unión entre lo que se había aprendido en el proceso y como la información podía contribuir para una mejor decisión de la autoridad ambiental.

Se recopilara información muy importante a través del EIA pero resultan en documentos muy voluminosos y enciclopédicos y no jumaban un papel importante en definir los pro y los contras de varias alternativas para un determinado proyecto.

Una aproximación interdisciplinaria para la evaluación del impacto ambiental de una acción o proyecto es crítica en un proceso de toma de decisiones y la consideración igual de todas las áreas de impacto potencial cuando la comparación de alternativas se evalúan.

Importancia. Se define en el contexto de intensidad.

Contexto. Se refiere a la ubicación geográfica de un proyecto determinado.

Intensidad. Se refiere a la severidad del impacto.

- Es el grado en el cual la acción propuesta afecta la salud y seguridad pública.
- La presencia de características únicas en el sitio de ubicación geográfica del proyecto, tales como recursos culturales, área de parques, áreas ecológicamente críticas, humedales, ríos escénicos y con áreas salvajes.
- El grado en el cual la afectación es probable que sea altamente controversial.
- El grado en el cual la acción puede establecer un precedente para acciones futuras con efectos significativos.
- El grado en el cual los posible efectos son altamente inciertos o envuelven riesgo.
- El grado del efecto en sitios donde existan parque nacionales o lugares históricos.
- El grado de efecto sobre especies en amenaza o en peligro de extinción.
- Cuando el proyecto esta en conflicto con leyes nacionales o regionales.

5. PLANIFICACION Y MANEJO DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

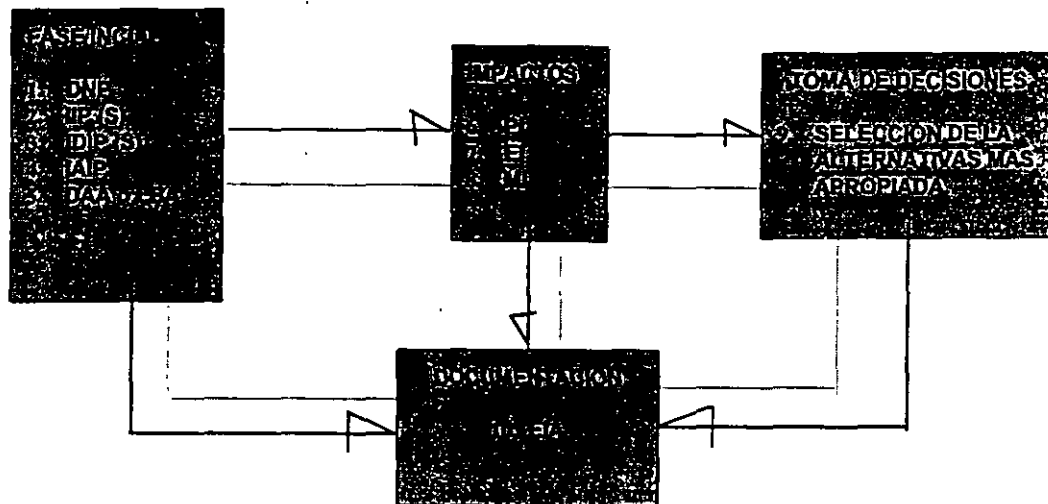
Para elaborar un EIA se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: a) una aproximación conceptual para la planificación y realización de los estudios; b) una propuesta técnica y económica que comprenda un cronograma de actividades y un programa de gastos; c) la conformación de un grupo interdisciplinario de trabajo; d) la selección de un coordinador del grupo de trabajo; e) el manejo general del estudio y f) una interventoría del estudio.

Sin una adecuada planeación la calidad, seriedad y efectividad de un EIA esta seriamente comprometida

5.1 MARCO CONCEPTUAL DE LOS EIA.

En la figura N° 2 se ilustra el procedimiento de planificación del EIA.

FIGURA N° 2



5.1.1 Descripción y Necesidades del Proyecto.

Como primer paso para realizar un EIA es necesario conocer las características del proyecto y definir sus necesidades o la razón por la cual se va a ejecutar. Corresponde el proyecto a un programa definido de gobierno? Es parte integral de un desarrollo determinado ? o es un proyecto aislado?

Se debe dar una justificación del proyecto y demostrar su necesidad dentro del contexto local, regional o nacional.

La descripción del proyecto comprende las dos fases, la de construcción y la de operación. Debe incluir los siguientes puntos:

- Localización geográfica, indicando coordenadas geográficas o planas, municipio, vereda o inspección de policía. Se debe ilustrar con un mapa. Explicar por que se seleccionó el sitio escogido..
- Area ocupada y características del terreno. (Plano, ondulado, montañoso).
- Tiempo de ejecución del proyecto. Cronograma de construcción.
- Instalación de campamentos. Número medio y máximo de trabajadores. Demanda de servicios.
- Consumo de agua, sitio de captación. Caudal de aguas negras y sistema de tratamiento.
- Generación de residuos sólidos convencionales y especiales.
- Fuentes de energía, consumo de combustible y sistema de almacenamiento y transporte.
- Volúmenes de corte y relleno. Sitios de préstamo y botaderos.
- Volúmenes de materiales y equipo necesario para el proyecto.
- Equipo de transporte de material de corte y relleno. Capacidad y número. Calculo de número de viajes en cada caso.
- Procedimientos constructivos. Maquinaria y equipos a utilizar.
- Demanda ambiental del proyecto durante su operación que incluye, emisiones atmosféricas, captación y vertimientos de aguas, generación de residuos sólidos y sistemas de disposición final.
- Alternativas consideradas para el proyecto, su ubicación y sus procedimientos de operación.

5.1.2 Información institucional pertinente. IIP

Comprende la identificación de las entidades gubernamentales y del sector privado que puedan aportar información sobre el proyecto y sobre el área de influencia del mismo. Incluyen las autoridades ambientales que tengan competencia sobre el proyecto y estén involucradas en la expedición de la Licencia Ambiental y en otros permisos de ley.

Estas entidades pueden ser: Ministerio del Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales; IDEAM, IGAC, INGEOMINAS, Ministerio de Minas y Energías, INVIAS, DANE, Ministerio de Salud, Gobernaciones, Alcaldías Municipales, Planeación Nacional, Ministerio del Interior, Ministerio de Agricultura.

Se incluyen dentro de este punto, todas las leyes, decretos y normas relacionadas con la protección ambiental, que estén vigentes en Colombia y que puedan ser aplicables al proyecto. En este caso se debe especificar no solo la ley o decreto, sino el número del artículo o artículos y de los párrafos correspondientes.

5.1.3 Identificación de impactos potenciales . IDIP.

Este es un paso de gran importancia, porque permite identificar en forma cualitativa los impactos potenciales directos e indirectos originados por el proyecto en sus dos etapas, construcción y operación, lo que permite enfocar el estudio en los pasos siguientes, como por ejemplo en la identificación del área de influencia y en la profundidad de los estudios de línea base, así como en la posterior cuantificación de los impactos. Esta identificación preliminar de impactos, puede ser el resultado de un proceso de definición del alcance del los efectos del proyecto.

En este paso, es útil la utilización de ayudas, como por ejemplo, una lista de verificación, una matriz de interacción entre acciones del proyecto y elementos ambientales, la superposición de imágenes y los diagramas de flujo.

Una metodología de identificación ambiental, debe ser comprehensiva, flexible, capaz de detectar los impactos generados por el proyecto, objetiva, que emplee criterios explícitamente definidos, que provea una magnitud de evaluación para el impacto y evaluaciones generales de los impactos totales, identificando las áreas ecológicamente más sensibles del proyecto de ingeniería a ejecutarse.

- Lista de Verificación.

La lista de verificación, es un método sencillo, que consiste en elaborar una lista de las diferentes acciones del proyecto, durante las etapas de construcción y operación y a cada una de ellas, señalarle qué efectos puede producir sobre el ambiente, indicando el componente afectado. Así por ejemplo, la extracción de material de préstamo y la disposición del material de capote, son acciones que pueden incrementar la tasa de erosión y aportar sólidos a los cuerpos de agua, alterando a los elementos suelo, calidad del agua y alterando el paisaje.

- Método Matricial.

Este método consiste en dos listados; uno de las acciones del proyecto, y otro de indicadores ambientales, con el fin de identificar las relaciones causa - efecto, espacio - temporales de los mismos.

La matriz se conforma colocando en las abscisas las acciones del proyecto y en las ordenadas los elementos ambientales comprendidos en los componentes geosférico, atmosférico, hídrico, biótico y socioeconómico. Para cada acción del proyecto se identifican que elementos del ambiente se pueden alterar y en la intersección se traza una línea o se coloca un asterisco.

- Sistema de Transparencia o Superposición de Mapas.

Este método es particularmente útil, en aquellas etapas de la evaluación ambiental vinculadas al ordenamiento territorial, ya que permite dividir el espacio en unidades geográficas en cada una de las cuales se estudia un conjunto de factores ambientales y se aplican indicadores previamente establecidos. Si bien este método no es suficiente para considerar las interacciones y la dinámica de los sistemas, resulta muy útil para detectar relaciones espaciales complejas, así como para identificar aquellas áreas en las cuales se concentra el mayor número de impactos.

Esta técnica tiene su limitante en que es útil únicamente a nivel cualitativo, pero no cumple con el análisis cuantitativo.

- Diagramas de Flujo.

Los mismos son una herramienta de análisis dinámico, que permiten visualizar relaciones funcionales más que estructurales, logrando así un mayor nivel de aproximación a las relaciones de impacto que las técnicas citadas anteriormente. Los diagramas posibilitan reconocer las cadenas de efectos y su propagación dentro del sistema ambiental afectado. Permiten también identificar relaciones entre variables que en una primera etapa no aparecían claramente vinculadas, y cuya relación ocurre a través de más de una vía secuencial de influencia.

Además, los diagramas de flujos se utilizan para la construcción de modelos de simulación y son útiles para la gestión ambiental, ya que permiten visualizar aquellas variables sobre las cuales es factible ejercer acciones, sirven también para detallar los criterios conceptuales sobre los cuales se basen las propuestas de acciones.

Cabe destacar el riesgo que implica considerar los modelos de simulación como la verdadera representación de la realidad, olvidando que los mismos no siempre se pueden recoger de ellos datos de tipo cualitativo, que revisten muchas veces tanta importancia como los cuantitativos.

5.1.4 Identificación del área de influencia del proyecto . IAIP

Se debe identificar el área de influencia del proyecto sobre cada uno de los componentes ambientales a saber: geosférico, atmosférico, hídrico, biótico y socioeconómico y para fines del estudio.

5.1.5 Descripción del ambiente afectado. DAA o Línea Base ambiental LBA.

Para la descripción de las condiciones ambientales existentes en el área de influencia, se estudian los componentes del medio ambiente (el medio ambiente natural y el medio ambiente social) haciendo una descripción completa sobre cada uno de los elementos que los conforman.

La descripción de la Línea Base, tendrá diferente profundidad o alcance, dependiendo de la etapa del proyecto en que se encuentren los estudios. El alcance de la misma se describe en forma detallada en los capítulos siguientes indicando para cada componente el nivel de la información requerida, la escala de los mapas a la cual se debe presentar esta información y la cantidad de información secundaria y primaria necesaria. Esta descripción deberá ir acompañada de mapas, cuadros, diagramas, referencias, procedimientos y toda nota aclaratoria que sirva para determinar el grado de confiabilidad y profundidad de la misma.

Comprende las tres categorías ambientales a saber físico - química, biótica y socioeconómica; los componentes de cada una de ellas que son para la primera el geosférico, el atmosférico y el hídrico; para la segunda la vegetación y fauna terrestre y acuática y los ecosistemas y para la tercera, la población, la educación, la salud, los medios de producción, los indicadores de ingresos y los aspectos culturales . Se incluyen dentro de este componente los aspectos arqueológicos.

5.1.6 Predicción de impactos. PI

Esta actividad es la mas difícil de realizar y es un reto al conocimiento, profesionalismo, buen criterio e imaginación de los integrantes del grupo interdisciplinario. En este paso se debe cuantificar , cuando sea posible, al menos en forma cualitativa, los impactos potenciales que

puede originar el proyecto sobre el medio ambiente. Dependiendo de los impactos identificados, es posible que en algunos casos sea necesario la utilización de modelos matemáticos, para otros casos se deberán emplear criterios especiales o realizar comparaciones con casos reales (analogías) . Eventualmente se puede recurrir a ensayos de laboratorio y construcción de modelos a escala. Se debe aclarar que no siempre es fácil predecir impactos sobre todo en grandes proyectos.

Se debe tener en cuenta que existen muchas dificultades intrínsecas en esta predicción, principalmente para grandes proyectos, como las hidroeléctricas, tales como elasticidad de las variables naturales y la falta de modelos adecuados.

Es necesario en este paso, cuantificar la mayor cantidad de impactos posible, porque el interés relacionado con un cambio anticipado en el ambiente originado por una acción, disminuye si no se cuantifica. Además si se cuantifican se pueden utilizar normas de calidad numéricas como la base para interpretar el cambio previsto. Sin embargo esto no es posible en muchos casos y por ello los profesionales deben utilizar su buen criterio y juicio para anticipar los cambios potenciales.

El análisis de riesgos es una herramienta útil en la predicción y cuantificación de impactos, porque incentiva el pensamiento integral del grupo, da la oportunidad de centrarse en actividades de reducción de riesgos e incluye sistemas de respuesta a los accidentes.

5.1.7 Evaluación de impactos EI.

En el sentido estricto de la palabra, evaluación significa la interpretación del significado del impacto previsto y evaluado. Debe responder a la definición de "significante" En este caso el criterio de los profesionales del grupo interdisciplinario es crucial para determinar e interpretar la magnitud real de los impactos.

Existen varios procedimientos para la evaluación de impactos, que dan valores cuantitativos y cualitativos de cada uno de ellos y del conjunto de ellos. Estos procedimientos son: a) matriz de calificación cuantitativa; b) oferta y demanda ambiental; c) métodos de ponderación matemática

5.1.8 Mitigación de impactos MI.

Para las acciones del proyecto que originan los mayores impactos sobre diferentes componentes del medio y/o para los elementos ambientales mayormente afectados, se deben identificar y diseñar las medidas de mitigación, que tienen por objeto evitar el impacto a proporciones tales que no presente alteraciones significativas a los componentes ambientales. Estas medidas se inician con modificaciones en los diseños o en los procedimientos de construcción para evitar los impactos ; continúan con la minimización de los mismos limitando el grado de magnitud de la acción que lo origina y sus implicaciones; rectificando el impacto reparando, rehabilitando o restaurando el efecto ambiental originado; reduciendo o eliminando el impacto a lo largo del tiempo por medio de operaciones de mantenimiento y preservación durante la vida útil del proyecto; compensando el impacto reemplazando o sustituyendo los recursos afectados.

La definición de mitigación sugiere una consideración secuencial de eliminar, evitar, rectificación o compensar.

Para que las medidas de mitigación se puedan ejecutar, tienen que ser técnica y económicamente factibles y se deben discutir con los diseñadores del proyecto.

5.1.9 Selección de la alternativa mas apropiada .SAA

Esta es una actividad que debe estar presente en todos los EIA. Sin embargo en Colombia solo se realiza cuando la autoridad ambiental competente lo considera apropiado, según se estipula en el decreto 1753/94. La mínima comparación se debe hacer con la no ejecución del proyecto, para que el EIA tenga un significado.

La comparación de alternativas es un análisis de la mayor importancia cuando se realiza un EIA y es en sí el núcleo o corazón de las evaluaciones ambientales.

5.1.10 Elaboración del documento de evaluación ambiental. EIA

Realizados los anteriores pasos, resta por elaborar el documento final del estudio, conocido como Evaluación del impacto Ambiental, que es un documento escrito que describe el proyecto, la línea base, las alternativas, la identificación y cuantificación de impactos, las medidas de mitigación, el plan de manejo ambiental, el plan de contingencia y el programa de seguimiento y monitoreo.

Debe ser un documento corto, coherente, bien escrito, científicamente sustentado y de fácil lectura. El grueso de la información debe ir en anexos y debe contener un resumen ejecutivo.

Se deben evitar documentos enciclopédicos, muy de moda en nuestro medio y por ningún motivo el EIA se debe convertir en una copia y de otros documentos muy bien editada de poca profundidad, sin mucho análisis y con mayor forma que fondo.

Se debe resaltar que en nuestro medio los EIA se han convertido en una elaboración de documentos con información secundaria o copiada de otros estudios, bellamente editados, que no aportan nada al proyecto y solo sirven para tramitar la Licencia Ambiental sin ningún aporte real al proyecto ni a la protección del medio ambiente.

6. LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL AMBIENTE.

El ambiente se considera dividido en dos grandes grupos saber, el medio natural y el medio social.

El medio natural está constituido por cuatro sistemas o componentes interrelacionados entre sí que son: el geosférico, el atmosférico, el hídrico y el biótico. Cada uno de ellos esta conformado por diferentes elementos tal como se relacionan en el cuadro N° 6-1.

El medio social comprende los componentes socioeconómico y cultural, cada uno de ellos constituidos por diferentes elementos. (cuadro N° 6-1).

Se define como impacto sobre el ambiente, el cambio neto, bueno o malo, que pueda producir una acción del hombre sobre el medio.

Por lo tanto existe un impacto ambiental, cuando una acción, actividad o política originada por el hombre, produce una alteración en uno o más componentes del medio. Por ello la variable fundamental en estos estudios es la cuantificación de dicha alteración, para lo cual es necesario conocer el estado del ambiente antes de que dicha alteración se produzca y evaluarlo después de producida.

La alteración puede ser positiva o negativa; temporal o permanente; de magnitud alta, moderada, media o baja; tener un área de influencia puntual, local, regional, nacional o internacional; ser o no mitigable y puede afectar uno o mas componentes del ambiente.

En la evaluación de impacto ambiental se debe analizar dos grandes áreas: el medio natural y el medio social, destacando dos aspectos: a) el ecológico, principalmente orientado hacia los estudios de impacto físico o geobiofísico; b) el humano, que contempla las facetas sociopolíticas, socioeconómicas y culturales. Ambos aspectos plantean la cuestión de los efectos a largo plazo sobre los ecosistemas naturales, que son parte integral de la biosfera y de la existencia del hombre.

Por consiguiente, en los estudios de impacto ambiental se trata de evaluar las consecuencias de una acción, para ver la calidad del ambiente que habría con o sin dicha acción. Tales evaluaciones deben realizarse en la fase previa del proyecto, antes de que este se realice, con objeto de efectuar una mejor planificación y formulación de propuestas desde el punto de vista ambiental y considerar adecuadamente los factores ambientales por parte de las autoridades públicas cuando aprueben una propuesta o determinen una alternativa.

Teniendo en cuenta lo anterior se aplica el concepto de evaluación del impacto ambiental a un estudio encaminado a identificar e interpretar así como a prevenir las consecuencias o los efectos que, acciones o proyectos determinados pueden causar a la salud y el bienestar humano y al entorno, o sea en los ecosistemas en que el hombre vive y de los que depende.

CUADRO N° 6-1
COMPONENTES Y ELEMENTOS DEL SISTEMA AMBIENTAL

COMPONENTE	ELEMENTOS
Componente Geosférico	Geología. Geomorfología. Geotecnia. Sismología. Suelos: características y usos. Identificación de recursos mineros y energéticos.
Componente Atmosférico	Climatología. Calidad del aire. Ruido
Componente Hídrico	Número de cuerpos de agua. Subcuencas. Caudales: medio y extremo. Para periodos de recurrencia de 5 a 100 años. Calidad físico química del agua. Usos del agua.
Componente Biótico	Vegetación. Fauna. Ictiofauna. Limnología. Ecosistemas
Componente Socio - Económico.	Asentamientos humanos. Población. Tenencia de la tierra. Empleos y actividades económicas. Obras de infraestructura: carreteras, vías férreas, comunicaciones, acueductos, alcantarillados, redes telefónicas, educación, salud, empleo, etc. Programas de desarrollo de la región.
Componente Cultural	Arqueología. Paisaje. Zonas Recreacionales. Zonas Turísticas.

Respecto al concepto evaluación de impacto ambiental, hay que recordar que debe aplicarse no sólo en su acepción típica p.e. valoración de la incidencia ambiental de determinadas emisiones (impacto físico) o los efectos que pueden derivarse de la realización de una obra pública (una autopista o un embalse) o cualquier otro tipo de industria, sino que hay que incluirla en algunas decisiones o acciones políticas.

6.2 INDICADORES DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Los indicadores de impacto ambiental son elementos o parámetros que proporcionan la medida de la magnitud del impacto, al menos en su aspecto cualitativo y también, si es posible, en el cuantitativo. Estos indicadores son generalmente elementos del medio fácilmente medibles y cuyo valor puede ser alterado por una o varias acciones del proyecto y se puede predecir con cierto grado de precisión su variación originada o producida por el proyecto.

Por ejemplo, para el componente hídrico, el elemento calidad del agua tiene como uno de sus indicadores la concentración de sólidos totales. En la Línea Base se puede medir el valor actual mediante toma de muestras. Si varias acciones del proyecto originan aporte de sólidos al cuerpo de agua receptor y se calcula el volumen aportado y se conoce el caudal del río, se puede determinar la concentración futura de sólidos durante la construcción del proyecto.

Este indicador se puede entonces calificar cuantitativa o cualitativamente, según se disponga de una escala de valores del indicador respecto a una calificación de calidad ambiental o se califique con el criterio del experto en calidad de aguas.

En el Anexo N°-1, se describen con más amplitud los indicadores y se presenta una lista de los más usuales, para cada componente ambiental.

Algunos indicadores p.e. los datos estadísticos de morbilidad o mortalidad pueden indicarse numéricamente. Otros emplean muy malo, malo regular, bueno muy bueno, excelente; o bien simplemente aceptable, no aceptable o rechazable.

La adopción de unos indicadores de impacto y su elección es un punto fundamental de estos trabajos de evaluación. Los indicadores de impacto más sencillos de utilizar y más concretos son las normas o estándares de calidad del aire, el agua, el ruido, etc., especialmente cuando están aprobados por una legislación.

6.3 CONTENIDO TENTATIVO DE UN ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Para efectos del presente documento se describirá el contenido que debe tener una evaluación de impactos en forma general, detallando en los Capítulos siguientes el alcance de los estudios de Línea Base o Estado Inicial de Referencia, en cada una de las etapas para los diferentes proyectos de ingeniería. Estos estudios deberán suministrar como mínimo la siguiente información:

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.

2. OBJETIVOS.

- 2.1 Objetivo General.
- 2.2 Objetivos Específicos.
- 2.3 Objetivos Legales.

3. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.

3.1 Ubicación.

3.2 Características Generales del Proyecto.

3.3 Actividades Durante la Construcción.

3.4 Ubicación de Campamentos y Características.

- Area ocupada y tipo de construcción.
- Número de personas y tiempo de residencia.
- Suministro de agua potable.
- Volumen y sistema de tratamiento de aguas negras.
- Suministro de energía
- Volumen y sistema de disposición de residuos sólidos.

3.5 Zonas de préstamo.

- Vías de acceso a la zona de préstamo.
Características. Corredores.

3.6 Vías de acceso al proyecto.

- Existentes.
- Por construir o ampliar. Especificaciones y corredores.

3.7 Campamento de materiales

- Ubicación y área. Esquema general.
- Fuente de materiales.
- Características de los equipos.
- Fuente de energía. Sistema de almacenamiento de combustible.

3.8 Asentamientos humanos existentes en la zona del proyecto. Población a reubicar

3.9 Características generales de la vegetación en la zona del proyecto

3.10 Actividades y Manejo Ambiental durante la etapa de Operación.

4. IDENTIFICACION DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

4.1 Area de influencia sobre el componente geosférico.

4.2 Area de influencia sobre el componente atmosférico.

4.3 Area de influencia sobre el componente hídrico.

4.4 Area de influencia sobre el componente biótico.

4.5 Area de influencia sobre el componente socioeconómico.

4.6 Area de influencia para fines del estudio.

5. DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES EXISTENTES EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO O LINEA BASE

5.1 Componente Geosférico.

5.2 Componente atmosférico

5.3 Calidad del aire.

5.4 Niveles de presión sonora.

5.5 Aspectos climáticos.

5.6 Componente hídrico.

5.7 Componente biótico.

5.8 Componente socioeconómico.

6. IDENTIFICACION DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN PRODUCIR PROBLEMAS SOBRE EL AMBIENTE E IDENTIFICACION DE LOS MISMOS.

6.1 Metodología de identificación.

6.2 Identificación de los efectos del proyecto.

7. CUANTIFICACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO SOBRE CADA INDICADOR Y CUANTIFICACION DEL IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO SOBRE EL MEDIO

- 7.1 Metodología de identificación.
- 7.2 Selección de indicadores.
- 7.3 Cuantificación de los indicadores y del impacto.
- 7.4 Cuantificación del impacto total del proyecto sobre el medio.
- 7.5 Identificación de las acciones del proyecto que requieren un Plan de Manejo especial.

8. IDENTIFICACION Y ESPECIFICACION DE LOS PLANES DE MANEJO. DISEÑO. EVALUACIÓN DE COSTOS.

9. PROGRAMA DE SUPERVISION AMBIENTAL.

10. PLAN DE CONTINGENCIA

6.4 ALCANCE DE CADA UNO DE LOS CAPÍTULOS

6.4.1 Introducción

En la introducción se debe indicar a quien va dirigido el estudio, sobre que proyecto, a que etapa pertenece y especificar mediante que resolución se solicitó.

También se debe decir qué grupo de trabajo lo realizó, con que clase de información, en donde se recolectó, que trabajos de campo se hicieron y que alcance tiene el estudio.

Se hará una descripción general de cada uno de los Capítulos, indicando que contiene, un resumen de los principales efectos del proyecto, del impacto total del proyecto, de los planes de manejo, de sus costos y del programa de seguimiento y monitoreo.

6.4.2 Objetivos del Estudio

Se deben especificar los objetivos del estudio, señalando el objetivo general y los objetivos específicos, incluyendo los objetivos legales.

6.4.3 Descripción del Proyecto y sus Alternativas

En este Capítulo se debe hacer una descripción del proyecto, con la información disponible en la etapa en que se encuentre. Esta descripción deberá ser lo más detallada posible y la realizará el director técnico.

6.4.4 Identificación del Area de Influencia

Se debe identificar el área de influencia del proyecto sobre cada uno de los componentes ambientales a saber: geosférico, atmosférico, hídrico, biótico y socioeconómico y para fines del estudio.

6.4.5 Descripción de las Condiciones Ambientales Existentes en el Area de Influencia ó Línea Base.

Para la descripción de las condiciones ambientales existentes en el área de influencia, se estudian los componentes del medio ambiente (el medio ambiente natural y el medio ambiente social) haciendo una descripción completa sobre cada uno de los elementos que los conforman.

La descripción de la Línea Base, tendrá diferente profundidad o alcance, dependiendo de la etapa del proyecto en que se encuentren los estudios. El alcance de los mismos se describe en forma detallada en los capítulos siguientes indicando para cada componente el nivel de la información requerida, la escala de los mapas a la cual se debe presentar esta información y la cantidad de información secundaria y primaria necesaria.

Esta descripción deberá ir acompañada de mapas, cuadros, diagramas, referencias, procedimientos y toda nota aclaratoria que sirva para determinar el grado de confiabilidad y profundidad de la misma.

6.4.6 Identificación de Efectos e Impactos del Proyecto

La identificación de los efectos e impactos del proyecto, se realiza en forma multidisciplinaria con el grupo de trabajo, con base en la descripción del proyecto y en las condiciones de Línea Base.

Para realizar esta identificación, existen varias metodologías cuya descripción detallada se presenta en el Anexo No-1 y se citan aquí brevemente.

La lista de verificación, es un método sencillo, que consiste en elaborar una lista de las diferentes acciones del proyecto, durante las etapas de construcción y operación y a cada una de ellas, señalarle que efectos puede producir sobre el ambiente. Así por ejemplo, la extracción de material de préstamo y la disposición del material de capote, son acciones que pueden incrementar la tasa de erosión y aportar sólidos a los cuerpos de agua, alterando a los elementos suelo, calidad del agua y alterando el paisaje.

Otro método utilizado es el matricial, que consiste en elaborar una matriz, colocando en las abscisas las acciones del proyecto y en las ordenadas los elementos ambientales existentes en el área de influencia e identificados en la Línea Base. Para cada acción del proyecto se identifican qué elementos del ambiente se pueden alterar y en la intersección se traza una línea o se coloca un asterisco.

Un tercer método consiste en utilizar los mapas de cada tema y superponerlos con el mapa del proyecto, donde se indican todas las obras de los mismos incluyendo vías de acceso y corredores para las líneas de transmisión. Este método es conocido como de superposición de imágenes y su utilidad para identificar efectos e impactos del proyecto.

Finalmente se puede utilizar el método de los diagramas de flujo, en los cuales se elabora para cada acción un diagrama de flujo, indicando la acción y los diferentes elementos que puede alterar y para cada uno señalando el, o, los efectos posibles.

6.4.7 Cuantificación de Impactos Ambientales del Proyecto sobre cada Indicador y Cuantificación del Impacto Total del Proyecto sobre el Medio.

Identificados los diferentes efectos del proyecto, se procede a cuantificar cada uno de ellos y a cuantificar el efecto total del mismo.

Para hacer ésta calificación es necesario en primer lugar definir los indicadores ambientales.

Para realizar la cuantificación de los efectos del proyecto y de este sobre el ambiente, se utilizan los métodos de calificación y cuantificación de impactos.

Existen varios métodos para ello. Los más usuales son: a) El Método de calificación cualitativa. b) el Método Matricial c) el Método de Ponderación Matemática y d) el Método de Oferta y Demanda Ambiental.

Una descripción de cada uno de estos métodos se presenta en el Anexo N°-3.

El método de calificación cualitativa consiste en una matriz en la cual se colocan en las ordenadas los componentes ambientales, con sus elementos e indicadores y en las abscisas una calificación de los mismos, indicando la etapa de aparición, la probabilidad de ocurrencia, la duración, el área de influencia, la magnitud, el tipo de impacto y la implicación ambiental.

El método matricial utiliza la misma matriz de identificación, calificando en cada caso la magnitud del impacto entre 1 y 10, siendo el valor 1 para impactos de baja magnitud y el valor 10 para impactos de alta magnitud. Se le coloca además el signo positivo si el impacto es benéfico y el signo negativo si el impacto es adverso. Este valor se coloca en la margen superior izquierda del cuadro que intercepta la acción del proyecto con el indicador.

La importancia del impacto, se califica de 1 a 10. Siendo el primer valor indicativo de baja importancia y el segundo de alta. Este valor se coloca en la margen inferior derecha.

Terminada esta primera cuantificación, se procede a multiplicar el valor de la magnitud del indicador con su signo, por el valor de importancia. La sumatoria de estos productos indica el impacto total del proyecto. Los valores parciales de las ordenadas permiten identificar las acciones del proyecto que producen mayores impactos y los valores parciales de las abscisas indican que elementos del ambiente son alterados con mayor intensidad por el proyecto.

De este análisis se determinan a que acciones del proyecto se les debe identificar y diseñar medidas de mitigación.

El método de calificación matemática ponderada, consiste en darle un valor de ponderación a cada componente ambiental y dentro del componente a cada elemento del mismo, según las características del medio determinadas en la Línea Base. Este valor de ponderación varía entre 1 y 10 y es asignado por el grupo interdisciplinario de trabajo, según criterios de los diferentes especialistas. A cada indicador se le asigna además un valor de importancia dentro del elemento ambiental, cuya sumatoria debe ser la unidad. Además se determina el valor de cada indicador para las condiciones sin proyecto, con proyecto y con proyecto y medidas de mitigación.

La sumatoria del producto de los factores de ponderación de los componentes, por el factor de ponderación de los elementos y por el valor de importancia de cada indicador, multiplicado por el valor del indicador, representa el valor de la calidad ambiental para cada escenario considerado, sin proyecto, con proyecto y con proyecto y medidas de mitigación.

Esta metodología permite identificar los impactos más importantes dentro del contexto del proyecto en forma más equitativa y definir cuales efectos deben mitigarse y cuales acciones del proyecto originan los efectos más significativos.

6.4.8 Identificación y Especificación de los Planes de Manejo o Medidas de Mitigación. Diseño.

Los Planes de Manejo se deben especificar para las acciones del proyecto que tengan los impactos más significativos sobre el medio y para aquellos elementos del ambiente que son afectados en mayor forma por el proyecto.

Estas medidas pueden estar relacionadas con cambios en el diseño del proyecto.

Identificadas estas medidas de mitigación, se debe proceder a realizar un prediseño o especificación, a fin de poder evaluar su costo y determinar su factibilidad técnica y económica.

En este punto es deseable cuantificar el costo de cada uno de los impactos del proyecto y compararlo con el costo de los Planes de Manejo.

Un modelo guía del Contenido de un Plan de Manejo podría ser el siguiente:

- Introducción.
- Análisis de la Situación.
- Evaluación de la situación.
Parte subjetiva del plan. Aquí se evalúa la información del capítulo anterior en función de la finalidad conservacionista. Hacen falta más estudios para esta finalidad? Está el público en contra o a favor de la conservación? Que piensa la comunidad Local?.
- Plan de Actuaciones.
Expone todas las medidas que se han de acometer, detallando los aspectos técnicos del "como" y del "donde" se harán.
- Estrategia adoptada.
- Objetivos operacionales (concretos y medibles de algún modo, que sirven para evaluar los logros del Plan.
 - . Medidas in situ
 - . Medidas Ex situ
 - . Regulaciones
 - . Aspectos sociales
 - . Estudios complementarios
- Ejecución y Complementación.
Se definen los responsables con jerarquías claramente establecidas y el contenido del equipo, las fases de ejecución y el tiempo previsto para el desarrollo del plan. En casos complejos puede requerirse la firma de convenios de cooperación.
- Evaluación de costos/presupuesto.
Por lo general no llega al nivel de detalle de una propuesta anual concreta. será necesario segregar por fases y desglosarlas por unidades de financiación.
- Seguimiento y revisión del plan.
Se recomienda flexibilidad y adaptabilidad en este tipo de planes, y un seguimiento en corto plazo a medida que se vayan obteniendo resultados o fracasos. La revisión puede ser total o parcial y basarse en tiempos o en hitos conseguidos.
- Resumen
- Anexos.

El cuerpo general del Plan deberá ser lo más ligero posible, de modo que se relegara toda la documentación e información que no sea imprescindible, pero si complementaria, a los anexos. Este mismo criterio es aplicable al estilo de redacción, que debe ser llano y directo en la parte expositiva.

6.4.9 Cuantificación de Impactos Considerando las Medidas de Mitigación

Identificadas y diseñadas las medidas de mitigación, se deberá calcular nuevamente el impacto total del proyecto, considerando la implantación de ésta. Con este valor se determina la mejora en la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto producida por las medidas de mitigación y el verdadero impacto neto del proyecto.

6.4.10 Costos de las Medidas de Mitigación

Los costos de las medidas de mitigación, varían según la magnitud del proyecto y las características ambientales del área de influencia, pero pueden representar entre un 10% y un 20% del costo total del proyecto.

Este valor sin embargo no debe mirarse como un gasto adicional sino como una inversión en mantenimiento a largo plazo, por que las medidas de mitigación tienen efectos positivos sobre el medio y sobre la operación del proyecto.

6.4.11 Programa de Supervisión Ambiental

El programa de interventoría ambiental forma parte integral de los estudios ambientales durante la etapa de construcción y comprende el seguimiento a la implementación de las medidas de mitigación especificadas en el estudio de evaluación de impactos ambientales. Si durante su implantación se requirieren modificaciones en los diseños o en los alcances de las medidas de mitigación, la interventoría ambiental deberá supervisar los diseños respectivos y aprobarlos antes de su ejecución.

6.4.12 Programa de Seguimiento y Monitoreo

Se deben identificar y seleccionar los indicadores de calidad ambiental y ejecutar su monitoreo programado, a fin de realizar un seguimiento del estado del sistema, supervizando el cumplimiento efectivo de las normas de calidad establecidas para el área de influencia.

Este programa de seguimiento y monitoreo pretende detectar e identificar las modificaciones de tipo ambiental, no previstas y poner en acción las acciones de control y/o corrección necesarias.

6.4.13 Plan de Contingencia

El Plan de contingencia forma parte integral de los EIA y se debe realizar para las etapas de construcción y operación del proyecto con el fin de poder estar preparado y responder ante una eventual emergencia que se pudiera presentar durante cada una de estas fases. Para su elaboración es necesario realizar un análisis de riesgos endógenos y exógenos, determinar la probabilidad de ocurrencia de cada uno y la magnitud de sus consecuencias, para determinar que acciones del proyecto son susceptibles de originar contingencias de alta probabilidad de ocurrencia y de consecuencias significativas.

Las medidas de control para minimizar la probabilidad de ocurrencia de un evento pueden ser la modificación del diseño o de la actividad. Aquellas acciones que tienen entre una moderada o baja probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias son de moderadas a altas o aquellas acciones de alta probabilidad de ocurrencia pero de baja magnitud, caen dentro del análisis de riesgos y para ellas se diseña el Plan de Contingencia, que comprende al conformación del grupo de respuesta, los deberes y responsabilidades de cada uno de sus integrantes, el plan de acción, el procedimiento de notificación, la capacitación, el entrenamiento, la base de datos y el manual operativo de campo.

6.5 COSTOS DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los costos de las evaluaciones de impacto ambiental en países que tienen información suficiente sobre las características de los diferentes ecosistemas naturales, las condiciones climáticas e hidrológicas y sobre población e indicadores socioeconómicos, varían entre un 0.05% y 2% del costo total del proyecto.

En países como Colombia, donde la información existente sobre estos mismos aspectos es deficiente y se requiere recopilar información primaria en sitios lejanos y con poca infraestructura, los costos de estos estudios deben ser mucho mayores, siempre y cuando estos se realicen como se especifica en este manual.

Actualmente, con estudios ambientales realizados como formalismos para cumplir exigencias de las entidades encargadas del manejo de los recursos naturales, el costo de los mismos es ínfimo y no sobrepasa del 0.01% del valor del proyecto.

Finalmente debe tenerse en cuenta que estos costos deben ser considerados como una inversión, y no como gastos, porque garantiza una mayor vida útil de las obras, un menor costo de mantenimiento, minimiza los costos sociales originados por los efectos negativos del proyecto y optimizar los beneficios.

6.6 ESCALAS A UTILIZAR EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO DE UN PROYECTO.

Como se anotó anteriormente la profundidad y alcance de los estudios de un proyecto dependen de la etapa de desarrollo en que se encuentre el mismo. Debido a esto la información recopilada en cada una de ellas requiere de un nivel de exactitud mayor por cuanto al ir avanzando en el estudio se hace necesario conocer detalladamente el escenario donde se va a construir la obra y así concluir acerca del mismo y tomar decisiones con un mínimo de error.

Para esto la Guía recomienda utilizar las siguientes escalas:

ETAPA	ESCALA
Prefactibilidad	1:100,000
Factibilidad	1: 25,000
Diseño	1:10,000

ANEXO No. 1

INDICADORES

Los indicadores se definen como aquellos componentes de un sistema que son de naturaleza

física, química o biológica, incluyendo los componentes hechos por el hombre, que pueden ser observados para revelar información sobre la condición del sistema (o partes del mismo) y sobre los cambios del sistema. La observación puede basarse en medios naturales, en equipos científicos utilizando factores físicos, químicos, biológicos o también patrones relacionados con el hombre para la comparación.

• **Indicadores Físico - Geográficos**

Los indicadores físico - geográficos son aquellos que describen la situación geomorfológica y las condiciones climáticas como también algunos de los resultados de las interacciones entre los componentes físico - geológicos, morfológicos y antrópicos:

Una lista detallada de indicadores físico - geográficos se presenta a continuación:

a) Indicadores Geológicos.

Litología
Tectónica
Mineralización
Materiales de cubierta no consolidados
Sismicidad (mapas de isosistas o isoaceleración)

b) Indicadores Geomorfológicos y Geotécnicos.

Altitud.
Pendiente.
Patrón de Drenaje
Densidad de Drenaje.
Patrón de fallamiento y fracturamiento.
Densidad de fallamiento y fracturamiento.
Índices de estabilidad.
Índices de erosión.
Índices de acumulación.
Equilibrio geomórfico.

c) Indicadores Agrológicos y Edafológicos.

Tipos de suelo, variedades y series.
Propensión al desgaste.
Compatibilidad.
Permeabilidad.
pH.

d) Indicadores Atmosféricos y Climáticos:

Modificación de la calidad del aire.
Incremento en el Nivel de Presión Sonora.
Captación de radiación.
Temperatura atmosférica. Incluye el balance energético.
Precipitaciones expresadas en cantidad por año, fluctuaciones por temporada o mes, expresadas en valores promedio y también en valores máximos y mínimos; se incluyen, además, la distribución de las precipitaciones con respecto a la intensidad y la duración.
Evaporación: como la interacción de la temperatura y el agua libre. Humedad del aire.
Viento: velocidad y dirección.

e) Indicadores Hidrológicos.

Los indicadores hidrológicos describen las cantidades de agua, tipos de agua, comportamientos

de los tipos de agua como también las características físicas del agua y de las vías de agua. Estos indicadores se listan a continuación.

- Cantidad de Precipitación Anual y Destino de esta Precipitación:
- Escorrentía de superficie, incluyendo almacenamiento en lagos.
- Evaporación.
- Transpiración y aumento del agua subterránea.
- Indicadores para las condiciones de Escorrentía.
 - El promedio de descarga de muchos años.
 - Fluctuaciones, almacenamiento, descarga y frecuencia de escorrentía anual.
 - Características de aguas altas como picos, duración y tamaño.
 - Características de la onda crecida, incluyendo su frecuencia durante distintos años.
 - Características de las aguas bajas tales como duración, estabilidad, escorrentía mínima, secado.
- Indicadores para la configuración del Lecho del Río.
 - Características morfométricas de la sección transversal.
 - Características de los sedimentos suspendidos y de fondo de lecho, incluyendo composición granulométrica.
 - Inclinación Longitudinal del Río.
 - Evolución histórica del cauce. Divagación y meandrificación
- Indicadores de la Relación Lecho de Río - Zona de Inundación.
 - Áreas de agua existentes en la zona de inundación.
 - Relación del área del río con la zona de inundación (frecuencia y duración de las inundaciones).
- Indicadores de las Características de Flujo.
 - Condiciones de flujo: velocidad, turbulencias.
 - Líneas de flujo.
 - Perfil longitudinal del agua.
- Indicadores para Condiciones de Estuario.
 - Intrusión de agua salina
 - Depósito de sedimentos.

f) Indicadores Físico - Químicos.

Los indicadores físico - químicos suministran información sobre los aspectos cualitativos del agua o los que potencialmente pueden cambiar las características físicas y químicas del agua por reacciones entre componentes físicos, químicos y biológicos posibles, y, hasta cierto grado componentes humanos.

Para aguas corrientes:

- Características del flujo y transporte de sedimentos, sedimentación y erosión.
- Temperatura y cambios de la misma durante el año.

Para aguas quietas;

- Afluencia o energía de luz.
- Transparencia, absorción de luz y transformación de luz en calor.
- Temperatura, estratificación de la misma.
- Características de mezcla, renovación.
- Características de sedimentación.

Para ríos, lagos y cuencas:

- Estratificación térmica y química debido a diferencias entre los afluentes y el agua quieta, respectivamente.

Para aguas subterráneas:

- Temperatura: variaciones estacionales.

g) Indicadores resultantes de interacciones o integración de componentes:

- Sólidos totales.

Sólidos disueltos.
Sólidos suspendidos.
Carbono orgánico total TCO.
pH.
Conductividad.
Oxígeno disuelto O.D.
Salinidad total.
Alcalinidad y acidez.
Dureza.
Demanda química de oxígeno D.Q.O.
Demanda biológica de oxígeno D.B.O.
Cationes: calcio, magnesio y sodio.
Aniones: sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, nitritos, nitratos y fosfatos.
Componentes orgánicos específicos: proteínas, grasas y aceites, carbohidratos, pesticidas, hidrocarburos, detergentes, etc.
Indicadores para la radioactividad: alpha, beta y gamma.

h) Indicadores Biológicos

Cambio en la cobertura vegetal de:
Bosques naturales y secundarios.
Manglares.
Agricultura de subsistencia.
Pastizales y rastrojo.
Alteración del habitat y cambio en las comunidades de:
Estuarios y manglares.
Ríos y quebradas.
Marítimas.
Terrestres.
Alteración de especies y/o poblaciones:
Vegetales.
Aves.
Mamíferos
Anfibios y reptiles.
Peces.
Crustáceos.
En vía de extinción, endémicas y de interés científico.
Alteración o interrupción de cadenas tróficas.

i) Indicadores Socioeconómicos.

Nivel demográfico
Colonización.
Inmigración temporal.
Emigración.
Aumento de natalidad.
Presión sobre la Población actual.
Nivel económico
Generación de empleo (directo e indirecto).
Modificación del costo de vida.
Aumento del ingreso familiar.
Presión y concentración de tierras.
Cambios de actividad productiva.
Generación de regalías a municipios.
Nivel social
Variación de la calidad de vida.

Generación de expectativas.

Oferta y demanda de servicios públicos:

- Acueducto.
- Alcantarillado.
- Electrificación.
- Salud.
- Comunicaciones.
- Carreteras.

Educación:

- Nivel
- Calidad.
- Infraestructura.

Efectos sobre la salud:

- Modificación de infraestructura.
- Calidad del servicio.
- Morbilidad (enfermedades venéreas y gastrointestinales, enfermedades tropicales, abortos).
- Aumento de prostitución.

Nivel sociopolítico

- Presión de la comunidad frente a la obra.
- Organización de la comunidad.
- Aumento de conflictos sociales.
- Orden público.
- Modificación del riesgo de las actividades económicas.
- Transculturación.

Nivel cultural

- Presión sobre grupos étnicos.
- Cambios en el paisaje.
- Daños en la riqueza arqueológica.

ANEXO No. 2

METODOS DE IDENTIFICACION

Una metodología de evaluación ambiental, debe ser comprehensiva, flexible, capaz de detectar los impactos generados por el proyecto, objetiva, que emplee criterios explícitamente definidos, que provea una magnitud de evaluación para el impacto y evaluaciones generales de los impactos totales, identificando las áreas ecológicamente más sensibles del proyecto de ingeniería a ejecutarse.

- **Lista de Verificación.**

Esta técnica consiste en un listado comprehensivo de efectos ambientales y de indicadores de impacto. La lista de verificación se hace con el fin de identificar en forma general, los impactos asociados con las diferentes actividades desarrolladas en la construcción de la obra, describiendo en detalle el efecto sobre cada componente del sistema ambiental y la etapa en que se alcanzan estos impactos (construcción y/o operación).

- **Método Matricial.**

Este método consiste en dos listados; uno de las acciones del proyecto, y otro de indicadores ambientales, con el fin de identificar las relaciones causa - efecto, espacio - temporales de los mismos.

La matriz se conforma colocando en las abscisas las acciones del proyecto y en las ordenadas los elementos ambientales existentes en el área de influencia e identificados en la Línea Base. Para cada acción del proyecto se identifican que elementos del ambiente se pueden alterar y en la intersección se traza una línea o se coloca un asterisco.

- **Sistema de Transparencia o Superposición de Mapas.**

Este método es particularmente útil, en aquellas etapas de la evaluación ambiental vinculadas al ordenamiento territorial, ya que permite dividir el espacio en unidades geográficas en cada una de las cuales se estudia un conjunto de factores ambientales y se aplican indicadores previamente establecidos. Si bien este método no es suficiente para considerar las interacciones y la dinámica de los sistemas, resulta muy útil para detectar relaciones espaciales complejas, así como para identificar aquellas áreas en las cuales se concentra el mayor número de impactos.

Esta técnica tiene su limitante en que es útil únicamente a nivel cualitativo, pero no cumple con el análisis cuantitativo.

- **Diagramas de Flujo.**

Los mismos son una herramienta de análisis dinámico, que permiten visualizar relaciones funcionales más que estructurales, logrando así un mayor nivel de aproximación a las relaciones de impacto que las técnicas citadas anteriormente. Los diagramas posibilitan reconocer las cadenas de efectos y su propagación dentro del sistema ambiental afectado. Permiten también identificar relaciones entre variables que en una primera etapa no aparecían claramente vinculadas, y cuya relación ocurre a través de más de una vía secuencial de influencia.

Además, los diagramas de flujos se utilizan para la construcción de modelos de simulación y

son útiles para la gestión ambiental, ya que permiten visualizar aquellas variables sobre las cuales es factible ejercer acciones, sirven también para detallar los criterios conceptuales sobre los cuales se basen las propuestas de acciones.

Cabe destacar el riesgo que implica considerar los modelos de simulación como la verdadera representación de la realidad, olvidando que los mismos no siempre se pueden recoger de ellos datos de tipo cualitativo, que revisten muchas veces tanta importancia como los cuantitativos.

ANEXO No. 3

METODOS DE EVALUACION

Una evaluación ambiental se debe considerar como un proceso dinámico, donde en el intercambio de información entre los diferentes equipos y disciplinas, logran avances que permiten ajustar los estudios a los cambios de la realidad sobre la que hay que actuar.

A continuación se describen algunas metodologías de cuantificación de impactos:

1. Oferta - Demanda Ambiental.

Es el conjunto de características y propiedades de nuestro entorno en un área determinada, independientemente del proyecto que piense desarrollarse; es decir un área con sus restricciones, susceptibilidades y posibilidades desde el punto de vista ecológico, socioeconómico y cultural.

La demanda ambiental por su parte se puede definir como: el conjunto de atributos y características de los proyectos de desarrollo que conllevan o implican algún tipo de daño o deterioro al ambiente, ecológico, social, económico y cultural; es decir son las exigencias del proyecto.

2. Método de Calificación Cualitativa.

Esta metodología utiliza dos matrices de identificación y un cuadro de evaluación de impactos.

La primera matriz contiene en uno de sus ejes un listado de las diferentes actividades del proyecto durante las etapas de los estudios previos, construcción y operación, y en el otro eje se relacionan los diferentes componentes en que se considera dividido el ambiente, a saber: geosférico, atmosférico, hídrico, biótico, socioeconómico y cultural.

La segunda matriz es una expansión de la anterior, en la cual se incluye para cada componente del medio ambiente, un listado específico de posibles consecuencias ocasionadas por las acciones del proyecto y de indicadores ambientales que pueden ser modificados por éstas.

Estas dos matrices contienen en términos generales los siguientes puntos:

- Se subdividen las actividades del proyecto en tres etapas a saber: estudios previos, construcción y operación.
- Se consideran el total de las actividades del proyecto y se clasifican de acuerdo a las etapas del proyecto del punto anterior.
- Se subdivide cada uno de los componentes ambientales en subcomponentes y algunos de ellos como el Biótico por ejemplo se subdivide además en elementos.

La interacción de las acciones del proyecto con los diferentes componentes ambientales, sus consecuencias e indicadores, la realiza el grupo de profesionales especialistas de cada disciplina que participa en el estudio.

Para la calificación de los impactos identificados se utiliza la escala definida por el INDERENA que se relaciona a continuación:

- Aparición
 - Estudios previos.
 - Construcción.
 - Operación.

- Probabilidad de ocurrencia
 - Segura.
 - Alta.
 - Mediana.
 - Baja.

- Duración
 - Temporal.
 - Permanente.
 - Periódica.
 - Indeterminada.

- Area de Influencia (Efectos radiales)
 - Puntual.
 - Local.
 - Zonal.
 - Regional.
 - Nacional.
 - Internacional.

- Area de Influencia (Efectos lineales)
 - Directo.
 - Indirecto.

- Intensidad - Magnitud
 - Alta.
 - Mediana.
 - Moderada.
 - Baja.

- Tipo de Impacto
 - Adverso.
 - Benéfico.

- Implicación
 - Ecológica.
 - Económica.
 - Sociocultural.

Esta matriz permite conocer en forma integral las interacciones existentes entre las diferentes acciones del proyecto en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto y los componentes ambientales.

3. Método Matricial.

El método matricial utiliza la misma matriz de identificación, calificando en cada caso la magnitud del impacto entre 1 y 10, siendo el valor 1 para impactos de baja magnitud y el valor 10 para impactos de alta magnitud.

Se le coloca además el signo positivo si el impacto es benéfico y el signo negativo si el impacto es adverso. Este valor se coloca en la margen superior izquierda del cuadro que intercepta la acción del proyecto con el indicador.

La importancia del impacto, se califica de 1 a 10. Siendo el primer valor indicativo de baja importancia y el segundo de alta. Este valor se coloca en la margen inferior derecha.

Terminada esta primera cuantificación, se procede a multiplicar el valor de la magnitud del indicador con su signo, por el valor de importancia.

La sumatoria de estos productos indica el impacto total del proyecto. Los valores parciales de las ordenadas permiten identificar las acciones del proyecto que producen mayores impactos y los valores parciales de las abscisas indican que elementos del ambiente son alterados con mayor intensidad por el proyecto.

De este análisis se determinan a que acciones del proyecto se les debe identificar y diseñar medidas de mitigación.

4. Método de la Calidad Ambiental Global.

El procedimiento de cuantificación del impacto ambiental por este método, está basado en la identificación de una serie de indicadores ambientales o características del medio, que permiten conocer con una adecuada exactitud la calidad del ambiente debido a una o varias acciones del proyecto. Estos indicadores se agrupan dentro de componentes y categorías más amplias, con el fin de interpretar al medio ambiente en una forma completa y coherente. Para cada uno de los escenarios que se desee estudiar se califican ponderadamente los indicadores y se obtiene un valor que con relación a la mejor calidad ambiental posible, da un indicio de las condiciones del medio con y sin proyecto y de esa manera permite cuantificar el impacto que se produce sobre el ambiente.

A continuación se hace una descripción detallada del método.

- Identificación de las categorías y componentes Ambientales y su Valoración.

En términos generales y específicamente para proyectos hidroeléctricos se considera el medio ambiente dividido en tres categorías a saber: físico - química, biológica y socio-económica. Cada una de estas categorías se divide a su vez en una serie de elementos o componentes del ambiente. La selección de estos se hace con base en la clasificación de la matriz indicada anteriormente, con el propósito de tener bases comparativas; así, la categoría físico - química tiene componentes el atmosférico, el hídrico y el geosférico; la biológica, tiene como único componente el biótico; finalmente la socio - económica tiene como subdivisión los niveles demográfico, social, económico, político - cultural y alteración de recursos naturales.

A su vez cada componente tiene uno o más indicadores o parámetros cuantificables que permiten calificar la calidad del ambiente y evaluar la variación del mismo, producida por una o varias acciones del proyecto.

A manera de ejemplo, los indicadores del componente hídrico serían: cambios en caudal, cambios en calidad (de acuerdo a parámetros físico-químicos), usos, etc.

Para la selección de los indicadores ambientales, se identifica primero cuales componentes de cada categoría ambiental, pueden ser modificados por una o más acciones del proyecto. Identificados estos componentes, se seleccionan aquellos parámetros o indicadores que pueden ser modificados y sean de fácil valoración.

Valoración de las categorías, Componentes e Indicadores Ambientales.

- Categorías y Componentes.

Las categorías y componentes ambientales pueden o no tener la misma importancia. La importancia depende de las características del proyecto y del medio ambiente en el cual se efectúan.

En un proyecto determinado, puede ser más importante la categoría socioeconómica por las características del medio afectado, que los aspectos físico-químicos o biológicos; en otro la situación puede ser diferente.

Para tener en cuenta esta diferencia, se adopta una escala directa de importancia para las categorías y componentes ambientales, entre 0 y 10; mientras más alto sea el valor, más importante es la categoría o componente ambiental. Es posible calificar con el mismo valor, a dos o más categorías y componentes, si se considera apropiado hacerlo.

Después de un detenido estudio, y teniendo en cuenta el tipo de proyecto, cual aspecto es más importante, se inicia la valoración de los mismos.

- Indicadores.

A los indicadores se les asigna un factor de ponderación o importancia relativa de cada uno dentro del componente, con un valor entre 0 y 1, teniendo en cuenta que la suma de los factores de ponderación de cada componente sumen 1.0.

- Valoración de la Calidad Ambiental Global.

Siendo los indicadores ambientales aquellas características del medio que permiten identificar la modificación del mismo por las acciones del proyecto, a cada uno de ellos se le asigna un valor de calidad ambiental entre 0.1 y 1.0, dependiendo de su ubicación en un rango de valores que delimitan su posible variación. Así, por ejemplo, una mala calidad de agua (alto contenido de DBO, sólidos, bajo oxígeno disuelto, metales pesados, etc) indica una calidad ambiental deficiente en el indicador calidad del agua y se le asigna un valor de pésima 0.1. Si por el contrario, el contenido es el permisible para los diferentes usos que quiera dársele, el valor del indicador es excelente, 1.0.

La valoración de la calidad ambiental de cada indicador se efectúa para diferentes escenarios ambientales (sin proyecto, y con proyecto) después de discusiones con los diferentes grupos interdisciplinarios de profesionales que intervienen en el estudio.

Definiendo M_{jk} el valor de la calidad ambiental de cada indicador i perteneciente al componente j y a la categoría k , la calidad ambiental global (C.A.G) para cada escenario, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$C.A.G = \sum F_k * \sum F_j * \sum F_i * \sum M_{ijk}$$

Todas las sumatorias variando desde 1 hasta n .

Donde $k = 1,2,3,\dots,n$, está asociado con la categoría ambiental, $F_{i,k}$ es su factor de importancia; $j = 1,2,3,\dots,n$, está asociado con el componente ambiental y asociado con un indicador y $F_{i,j}$ es el factor de ponderación del indicador i , asociado con el componente j y la categoría k y $M_{i,j,k}$ es la magnitud del indicador asociado con el componente j y la categoría k , del estado ambiental (no del efecto). Si el efecto del proyecto sobre el indicador i del componente y categoría k , es positivo, entonces $M_{i,j,k}$ es mayor para la hipótesis con proyecto que para la hipótesis sin proyecto y viceversa.

- Cuantificación de los Indicadores Ambientales para el Estado Inicial de Referencia.

Para evaluar el estado inicial de referencia en el área de influencia del proyecto respecto a los indicadores seleccionados, se le da una calificación a cada uno de ellos en una escala de calidad ambiental de 0.1 a 1.0.

- Modificación de la Calidad Ambiental para los diferentes Escenarios Futuros.

El impacto de un proyecto o acción, sobre el medio, se mide como el cambio en la calidad del ambiente producido por dicho evento. Para ello, es necesario proyectar al futuro la calidad del ambiente sin y con proyecto.

El impacto real que genera el proyecto, se medirá como la diferencia entre la Calidad Ambiental Global del escenario futuro sin proyecto y futuro con proyecto.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO
AMBIENTAL**

**MÓDULO IV: INSTRUMENTACIÓN DE POLÍTICA Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

TEMA

PRECEDIMIENTO TÉCNICO

**EXPOSITOR: BIO. DANIEL CHICHARO CASILLAS
PALACIO DE MINERIA
JULIO 2000**

PROCEDIMIENTO GENERAL DE EVALUACIÓN

1. Verificar fuentes de información.

2. Verificar apoyos gráficos.

- Cartografía
- Planos de proyecto
- Álbum fotográfico

Primera idea del proyecto:

- * Identificación del trazo del proyecto
- * Características generales (número de cuerpos, ancho de corona, ancho del derecho de vía)
- * Ubicación con respecto a usos del suelo, identificando sitios críticos como áreas naturales protegidas, sitios arqueológicos, zonas agrícolas, poblados, etc.
- * Ubicación de zonas naturales bien conservadas

3. Verificar organismo u organismos promoventes del proyecto.

- * Responsable de la construcción del proyecto
- * Responsable de la operación del proyecto

4. Descripción del proyecto.

- * Identificación del tipo de proyecto (impactos ambientales preliminares asociados)

SCT > FERRONALES > TELMEX

Nuevo > Ampliación > Remodelación > Mantenimiento

Mayor longitud > menor longitud

- * Identificación de la superficie total por afectar considerando

Ancho del derecho de vía y propuesta de desmonte

Superficie de bancos de material y sitios de tiro

Infraestructura de apoyo (patios de maquinaria, patios de materiales, campamentos, oficinas, etc.)

Topografía

PROYECTOS LINEALES

ACCIONES DEL PROYECTO QUE GENERAN IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS SOBRE EL AMBIENTE, POR TIPO DE PROYECTO.

	TELNET	CFE	PEHEX	FERRONALES		CARRETERAS		
ACCION DEL PROYECTO	FIBRA OPTICA	LINEAS TRANSM.	DUCTOS	PS	FERROCARRIL	AMPLIACION	CARRETERAS	AMPLIACION
PASOS PEATONALES-VEHICULARES					I	I	I	I
PUENTES CIMENTADOS EN TIERRA					I	-	I	I
PUENTES CIMENTADOS EN AGUA		-			I	-	I	I
DISPOSICION RESIDUOS SOLIDOS	-	-	-	-	I	I	I	I
DISPOSICION RESIDUOS LIQUIDOS	-	-	-		I	I	I	I
OBTENCION DE AGUA			-		-	-	I	I
CONTRATACION PERSONAL	I	I	I	I	I	I	I	I
OPERACION			I	I	I	I	I	I
MANTENIMIENTO		-	-		I	I	I	I

- I Generalmente esta acción del proyecto siempre genera impactos ambientales significativos
- Los impactos ambientales generados por esta acción no siempre son significativos y a veces no se presentan

PROYECTOS LINEALES

ACCIONES DEL PROYECTO QUE GENERAN IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS SOBRE EL AMBIENTE, POR TIPO DE PROYECTO.

ACCION DEL PROYECTO	TRONCA	CFE	PANEL		PERSONALES		CARRITERAS	
	PIVOTA OPTICA	LINAS TRANSV.	DUCTOS	PS	FERRUCARRIA	AMPLIACION	CARRITERAS	AMPLIACION
DETERMINACION DEL TRAZO	I	I	I	I	I		I	
DESBORTE		I	I	I	I	-	I	-
DESVALVE		-			I	-	I	I
EXCAVACIONES	I	-	I	-	I	I	I	I
CORTES					I	I	I	I
RELLENOS			-		I	I	I	I
NIVELACIONES		-	I		I	I	I	I
BANCOS DE PRESTAMO LATERALES					I	I	I	I
BANCOS DE MATERIAL					I	I	I	I
BANCOS DE TIRO			I		I	I	I	I
CONSTRUCCION CANINOS ACCESO		-	I	-	-	-	I	-
REHABILITACION CAMINOS ACCESO		-	I	I	I	I	I	I
MOVIMIENTO MAQUINARIA-EQUIPO	I	I	I	I	-	-	I	I
ACARreo DE MATERIALES					I	I	I	I
PARQUES DE MAQUINARIA			I		-	-	I	I
CAMPAMENTOS			I	I	-	-	I	I
ALMACEN DE CONDUCTIVILES					-	-	I	I

INDUSTRIA PESADA



Rec. naturales



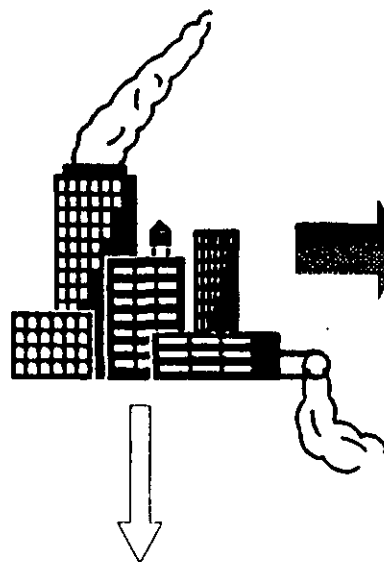
Materias primas



Servicios



Energéticos



Emisiones a la atmósfera

Actividades riesgosas

Accidentes laborales

Subproductos



Productos finales



Residuos sólidos



Residuos líquidos

Demanda de espacio para instalación



ANALISIS DEL PROYECTO

PROCEDIMIENTO GENERAL DE EVALUACIÓN

- * Ubicación de cada una de las superficies que van a ser afectadas.
- * Identificación de los usos del suelo actuales que van a ser afectados por cada componente del proyecto (derecho de vía, bancos de material, sitios de tiro, etc.)
- * Análisis de técnicas de construcción propuestas y cronograma del proyecto.

Rescate de especies

Técnicas a emplear durante los desmontes, cortes, rellenos y nivelación

Tiempos propuestos para cada actividad

Equipo y maquinaria por emplear

- * Generación y manejo de residuos, incluyendo los catalogados como peligrosos.
- * Otros

Políticas de contratación

Reglamentación en materia de trabajo y seguridad

5. Descripción del entorno físico, biológico y social.

- * Identificación de los principales componentes del entorno que potencialmente pueden ser afectados durante el desarrollo del proyecto. En el caso de proyectos lineales:

Topoformas y paisaje

Fuentes de abastecimiento de agua (superficiales y subterráneas)

Comunidades de flora y fauna

Áreas naturales protegidas

Sitios de interés histórico, arqueológico o cultural

Actividades económicas

Núcleos de población (incluye núcleos indígenas)

- * Identificación del grado de conservación y/o importancia de cada componente del entorno por afectar.

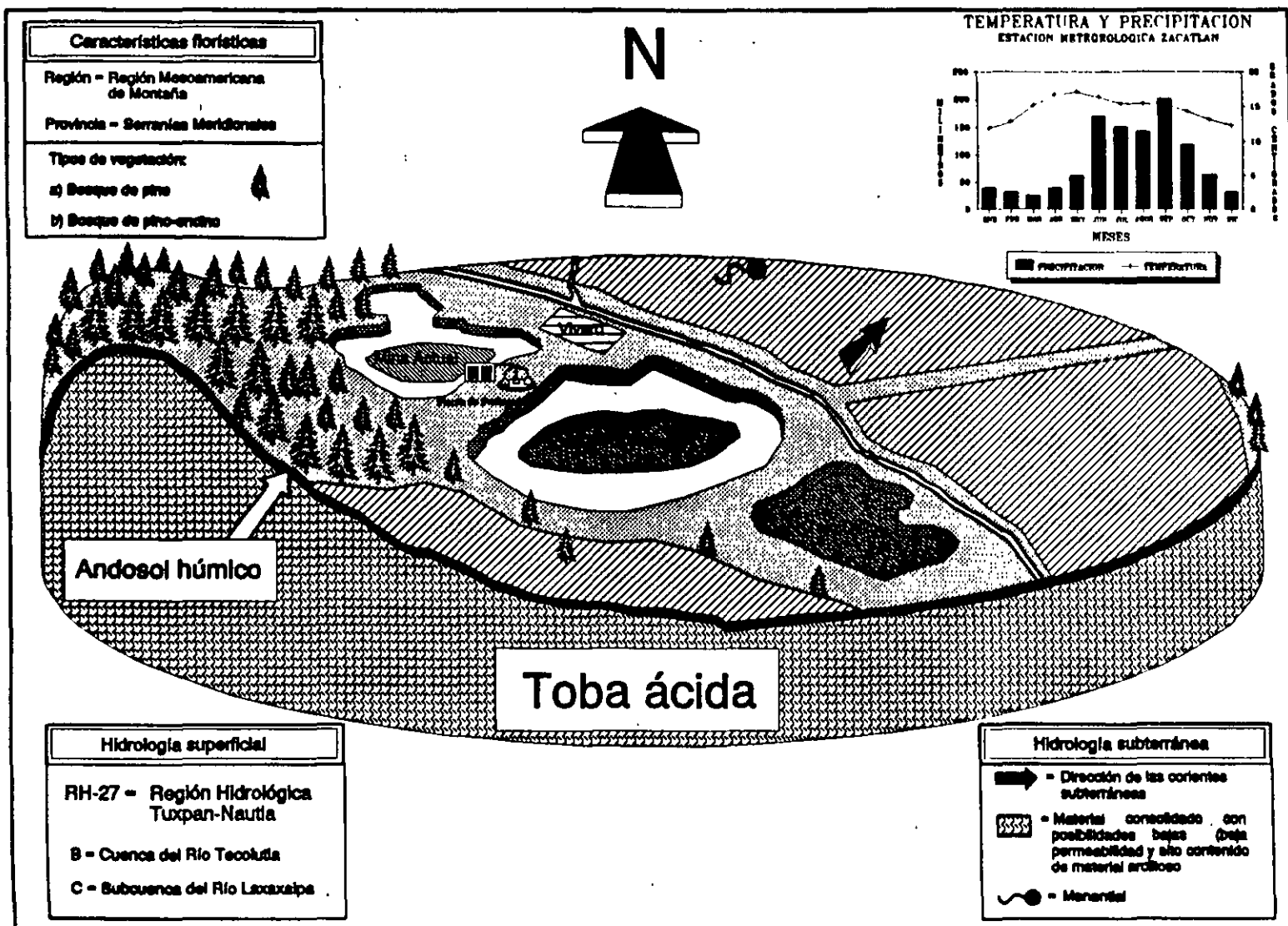


Figura 3. Integración del Entorno Ambiental de la zona que será recuperada

PROCEDIMIENTO GENERAL DE EVALUACIÓN

6. Congruencia con otros instrumentos de planeación.

- * **Concordancia del proyecto con respecto a:**

Áreas naturales protegidas

Ordenamiento ecológico

Normas oficiales mexicanas

Otros instrumentos de regulación en materia de uso del suelo

7. Descripción de impactos ambientales.

- * **Identificación de los impactos ambientales detectados en el estudio**
- * **Identificación de impactos ambientales que no habían sido considerados en estudios previos evaluados**
- * **Identificación de los impactos ambientales NO manifestados, con base en el conocimiento de los impactos ocasionados por cada tipo de proyecto**

8. Descripción de medidas de mitigación.

- * **Verificación de que cada impacto ambiental manifestado, cuente con alguna medida de prevención, mitigación o compensación.**
- * **Revisión del grado de desarrollo de la medida de mitigación, identificando si es necesario solicitar mayor detalle de dicha medida**
- * **Complemento de las medidas de mitigación, considerando otras NO manifestadas, con base en el conocimiento de las medidas propuestas para otros proyectos semejantes.**

9. Resolución del proyecto.

- * **Antecedentes del proyecto**
- * **Dictamen técnico del proyecto (resultado de la evaluación del proyecto)**
- * **Integración de dictámenes técnicos de otras dependencias.**
- * **Elaboración del oficio resolutivo**

AREA SUJETA A POLITICAS DE ORDENAMIENTO ECOLOGICO

RESERVAS DE LA BIOSFERA:

- A. EL VIZCAINO, B. C. S.
- B. CALAKMUL, CAMP.
- C. EL TRIUNFO, CHIS.
- D. LACAN-TUN, CHIS.
- E. S. LACANDONA (MONTES AZULES), CHIS.
- F. LA MICHILIA, DGO.
- G. MAPIMI, DGO.
- H. MANANTLAN, JAL., COL.
- I. SIAN KA'AN, Q. ROO.
- J. PANTANOS DE CENTLA, TAB.

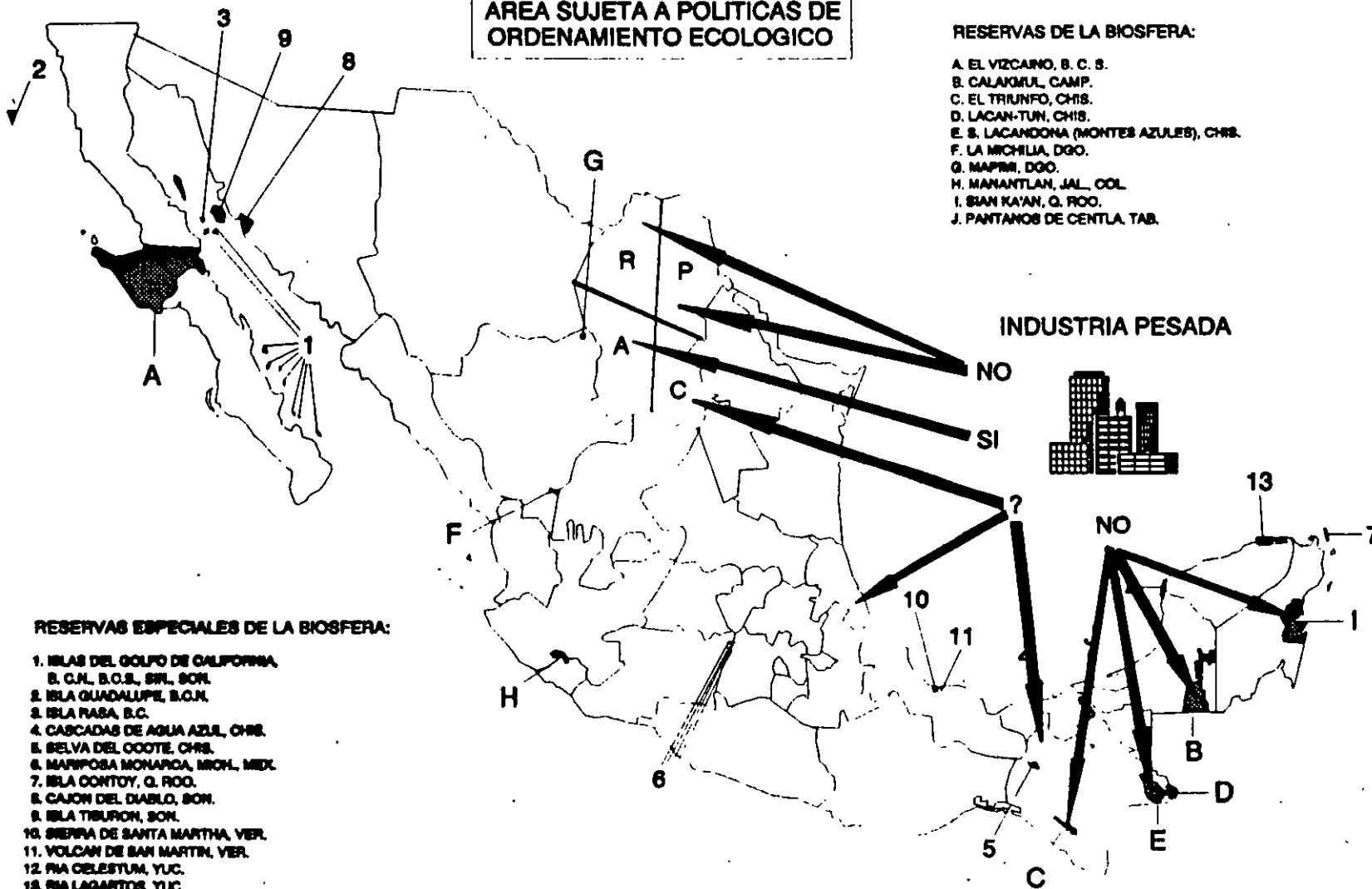
INDUSTRIA PESADA

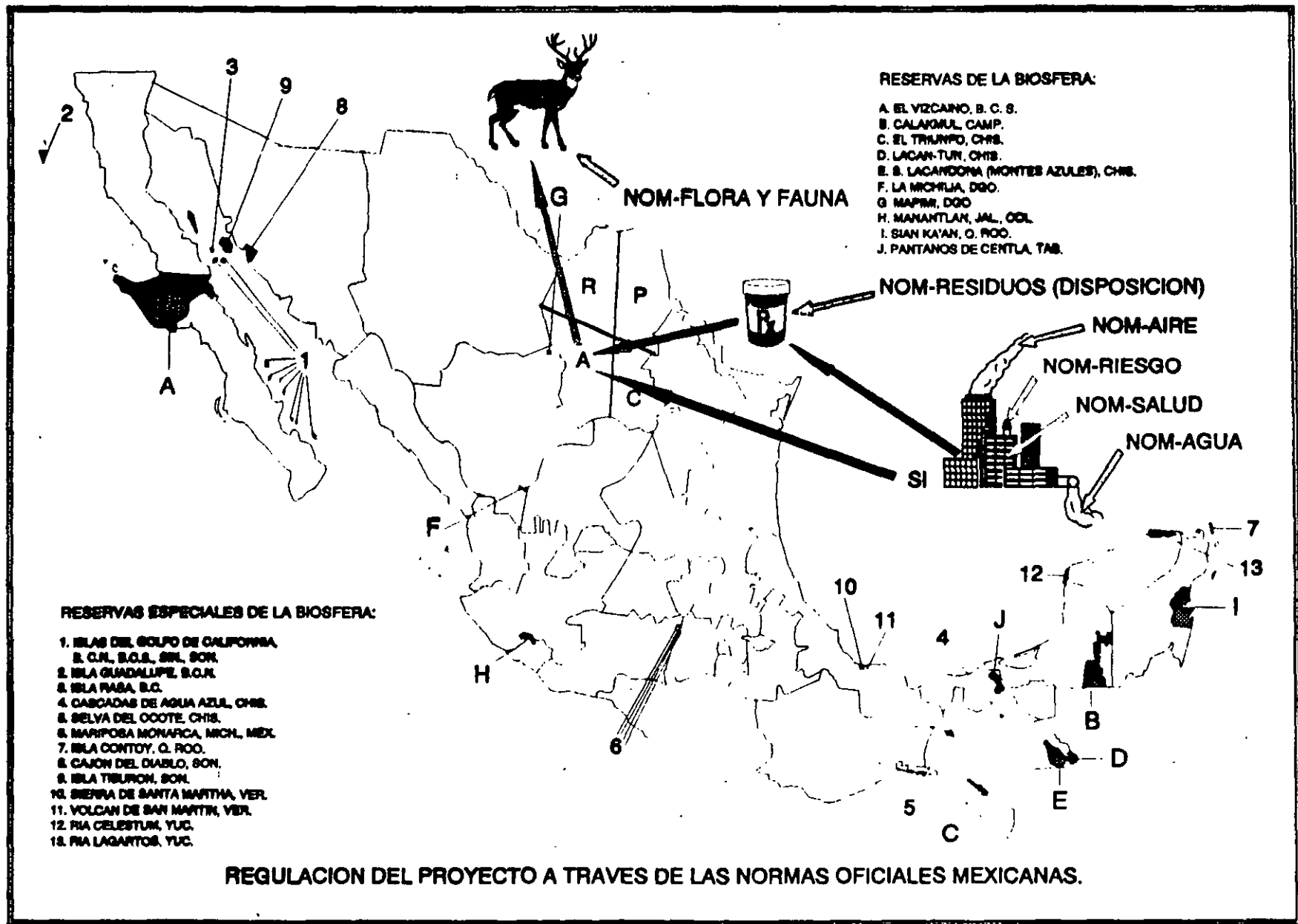


RESERVAS ESPECIALES DE LA BIOSFERA:

- 1. ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA, B. C. S.
- 2. ISLA GUADALUPE, B. C. N.
- 3. ISLA RASA, B. C.
- 4. CASCADAS DE AGUA AZUL, CHIS.
- 5. SELVA DEL COOTE, CHIS.
- 6. MARIPOSA MONARCA, MICH., MEX.
- 7. ISLA CORTOY, Q. ROO.
- 8. CAJON DEL DIABLO, SON.
- 9. ISLA TIBURON, SON.
- 10. SIERRA DE SANTA MARTHA, VER.
- 11. VOLCAN DE SAN MARTIN, VER.
- 12. RIA CELESTUM, YUC.
- 13. RIA LAGARTOS, YUC.

ANALISIS DE LA UBICACION DE PROYECTOS.





IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

EN ESTA SECCIÓN SE DEBEN IDENTIFICAR Y DESCRIBIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES PROVOCADOS POR EL DESARROLLO DE LA OBRA O ACTIVIDAD DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO. PARA ELLO SE PUEDE UTILIZAR LA METODOLOGÍA QUE MÁS CONVenga, ENTRE LAS QUE SE PUEDEN CONSIDERAR:

- * LISTAS DE CHEQUEO.**

- * MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.**

- * DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN.**

- * MODELOS MATEMÁTICOS.**

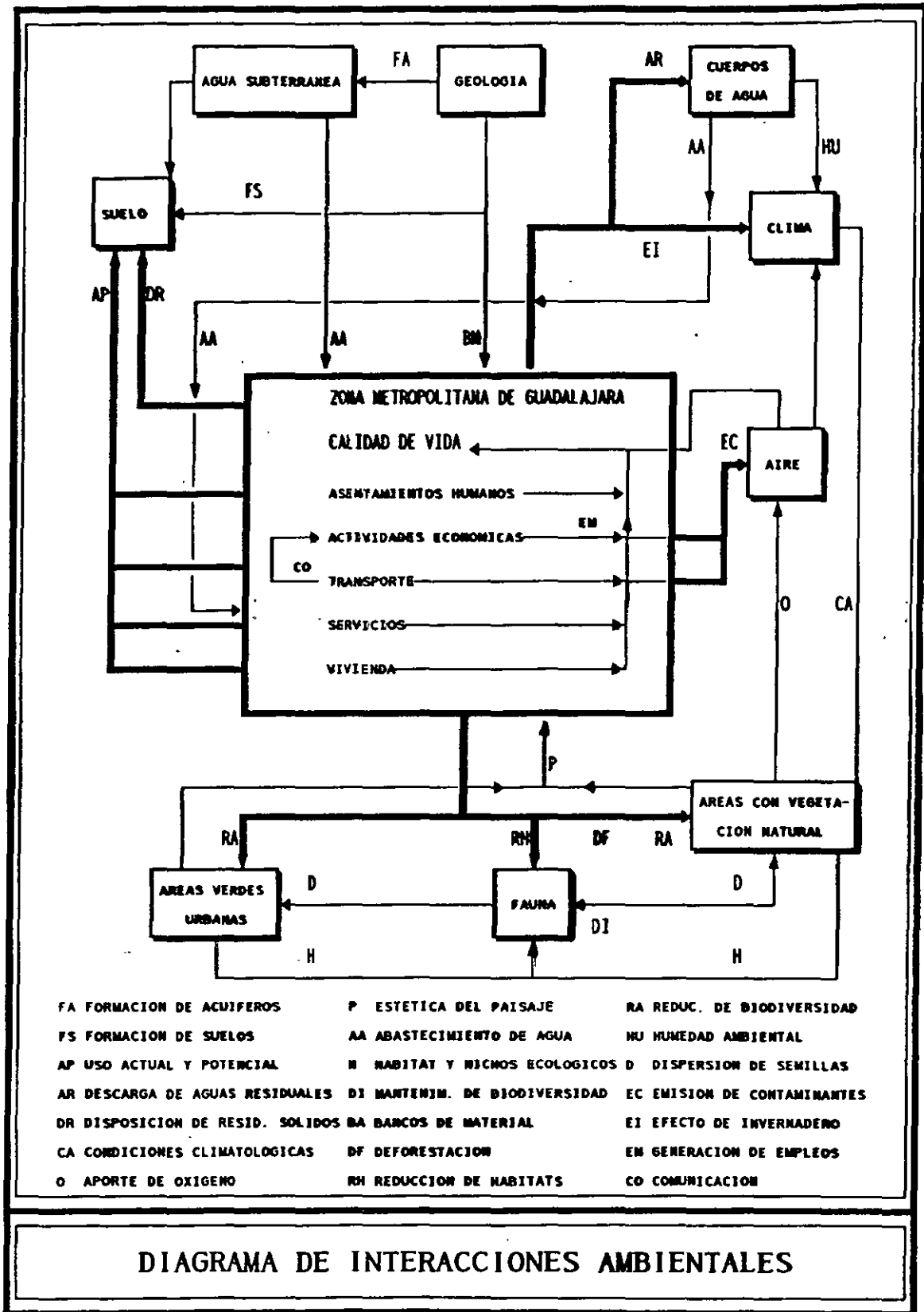
LISTA DE CHEQUEO (ACCIONES DEL PROYECTO EN SUS DISTINTAS ETAPAS).

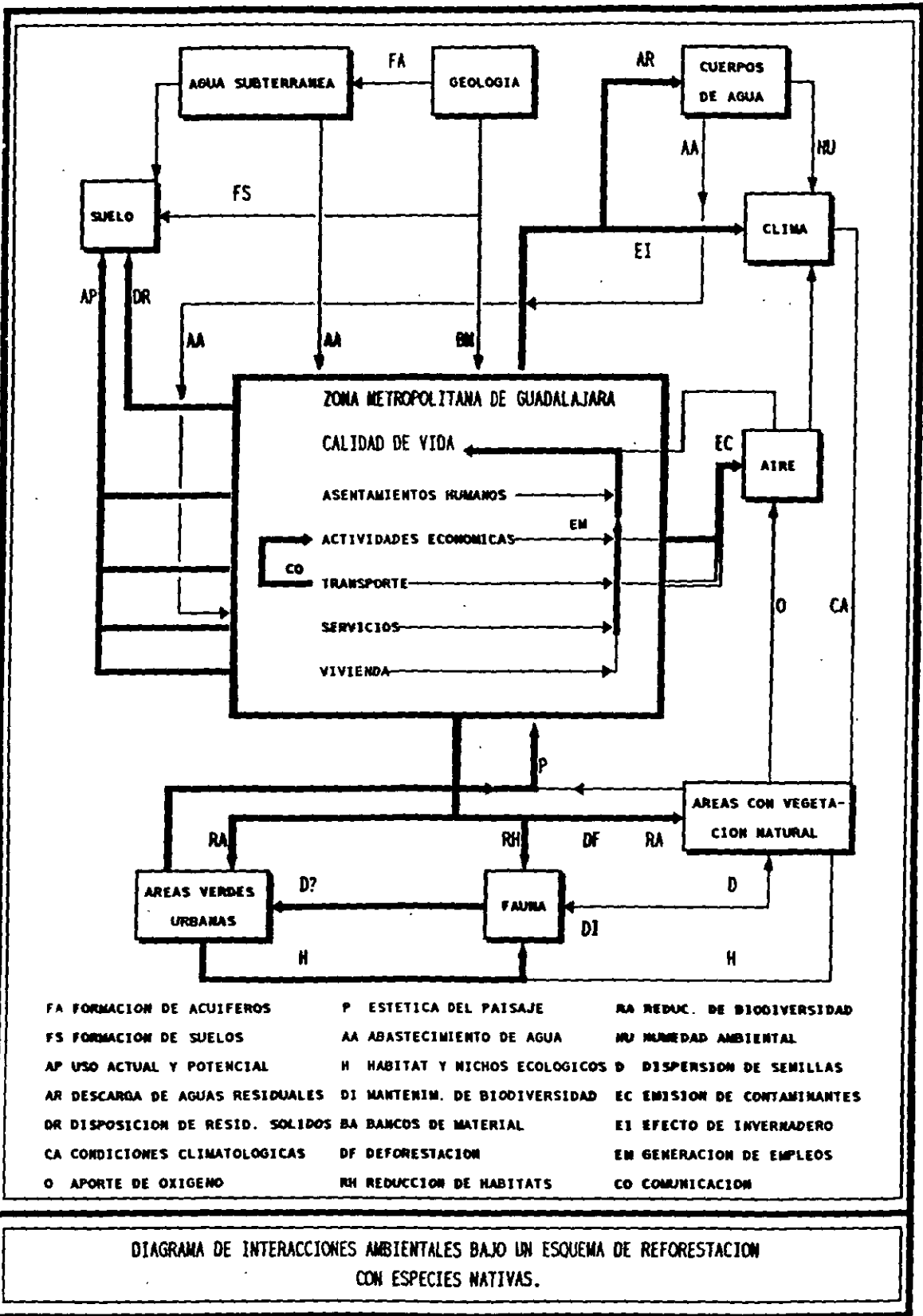
ETAPAS	ACCIONES DEL PROYECTO
Preparación del sitio y Construcción	<ol style="list-style-type: none">1. Contratación de mano de obra.2. Operación de obras y servicios de apoyo.3. Desmonte.4. Despalme.5. Trazo, nivelación, rellenos y compactación.6. Construcción de la infraestructura.7. Operación de maquinaria y equipo.8. Operación de caminos de acceso.9. Obtención de agua para construcción.10. Obtención de materiales para construcción.11. Generación y disposición de residuos sólidos.12. Generación y disposición de residuos líquidos.13. Ocurrencia de accidentes.
Operación y mantenimiento	<ol style="list-style-type: none">14. Contratación de mano de obra.15. Operación de caminos de acceso.16. Realización de actividades turísticas.17. Operación del campo de golf.18. Generación y disposición de residuos sólidos.19. Generación y disposición de residuos líquidos.20. Ocurrencia de accidentes.
Abandono	No se contempla el abandono del sitio.

LISTA DE CHEQUEO (COMPONENTES DEL AMBIENTE EN EL ÁREA DE PROYECTO).

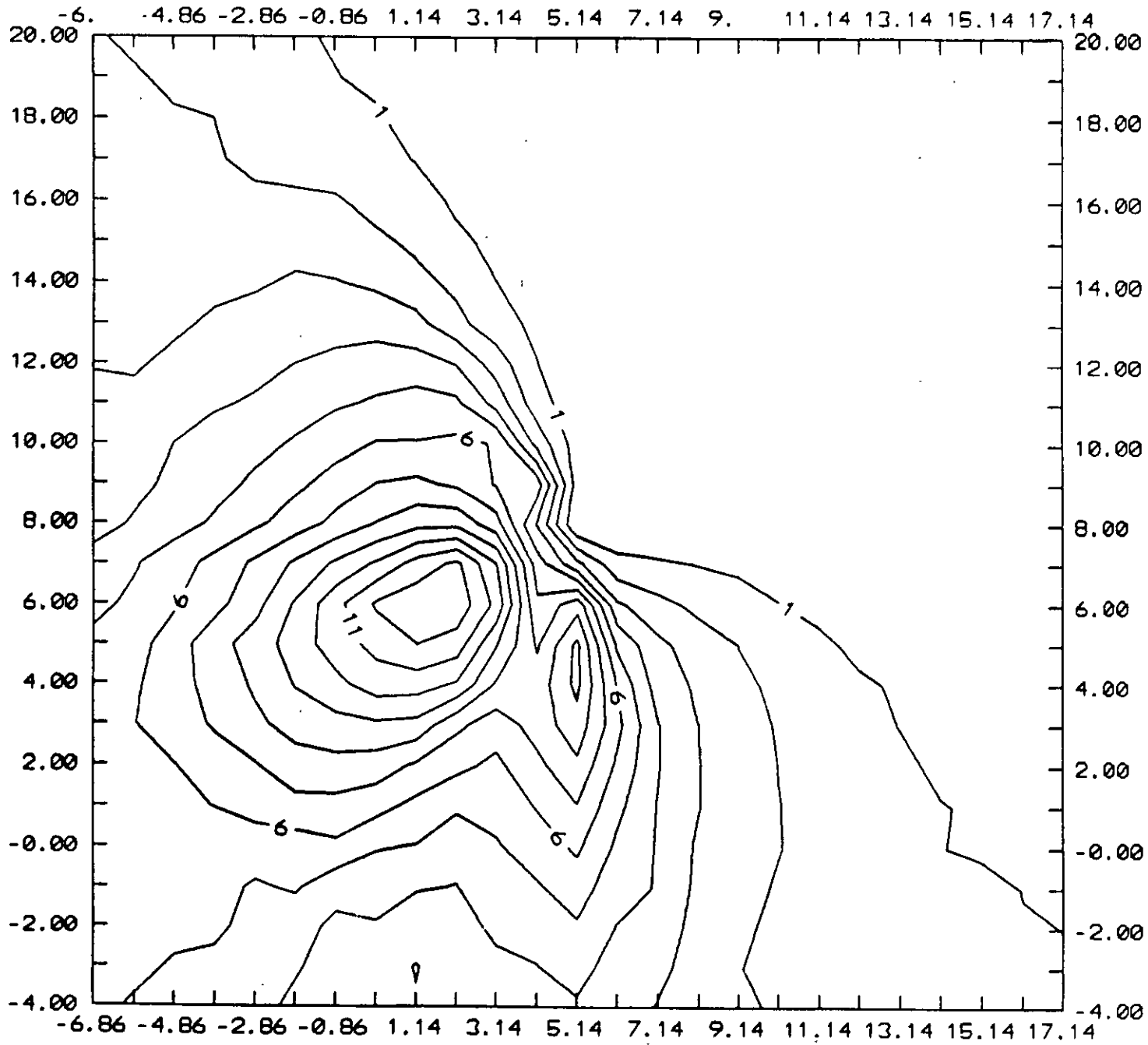
COMPONENTES DEL AMBIENTE	ELEMENTOS O INDICADORES PARTICULARES
<p>Clima: Microclima.</p> <p>Calidad del aire.</p>	<p>1. Temperatura.</p> <p>2. Humedad.</p> <p>3. Niveles de Partículas Suspendidas Totales.</p> <p>4. Concentración de gases.</p> <p>5. Niveles de ruido.</p> <p>6. Olores.</p>
<p>Geoformas.</p>	<p>7. Bancos de material.</p> <p>8. Relieve.</p>
<p>Suelo.</p>	<p>9. Características físicas y químicas.</p> <p>10. Susceptibilidad a la erosión.</p> <p>11. Uso actual.</p> <p>12. Uso potencial.</p>
<p>Agua. Corrientes o cuerpos superficiales.</p> <p>Corrientes o cuerpos subterráneos.</p>	<p>13. Calidad del agua.</p> <p>14. Usos del agua.</p> <p>15. Drenaje superficial.</p> <p>16. Calidad del agua.</p> <p>17. Usos del agua.</p> <p>18. Recarga del acuífero.</p> <p>19. Flujo.</p> <p>20. Nivel freático.</p>
<p>Vegetación terrestre.</p>	<p>21. Características.</p> <p>22. Especies de valor comercial.</p> <p>23. Especies bajo régimen de protección.</p>
<p>Fauna terrestre.</p>	<p>24. Características.</p> <p>25. Especies de valor comercial.</p> <p>26. Especies de interés cinegético.</p> <p>27. Especies bajo régimen de protección.</p>
<p>Ecosistemas terrestres.</p>	<p>28. Hábitat.</p> <p>29. Flujo de especies.</p> <p>30. Flujo de nutrientes.</p> <p>31. Estética del paisaje.</p>
<p>Ecosistemas acuáticos.</p>	<p>32. Hábitat.</p> <p>33. Especies de valor comercial.</p> <p>34. Especies bajo régimen de protección.</p> <p>35. Ecosistemas frágiles.</p>

COMPONENTES DEL AMBIENTE	ELEMENTOS O INDICADORES PARTICULARES
<p>Población. Demografía</p> <p>Servicios públicos.</p> <p>Actividades económicas.</p> <p>Legislación ambiental.</p>	<p>36. Asentamientos humanos. 37. Demografía de la población. 38. Vivienda. 39. Empleo y mano de obra. 40. Salud ocupacional. 41. Calidad y estilo de vida. 42. Patrones culturales.</p> <p>43. Agua potable. 44. Drenaje. 45. Energía eléctrica. 46. Medios de comunicación. 47. Medios de transporte. 48. Asistencia médica. 49. Educación. 50. Zonas de recreo.</p> <p>51. Comercio. 52. Industria. 53. Servicios. 54. Agricultura y ganadería. 55. Pesca. 56. Forestal.</p> <p>57. Áreas naturales protegidas. 58. Sitios arqueológicos o históricos. 59. Plan director de desarrollo urbano.</p>





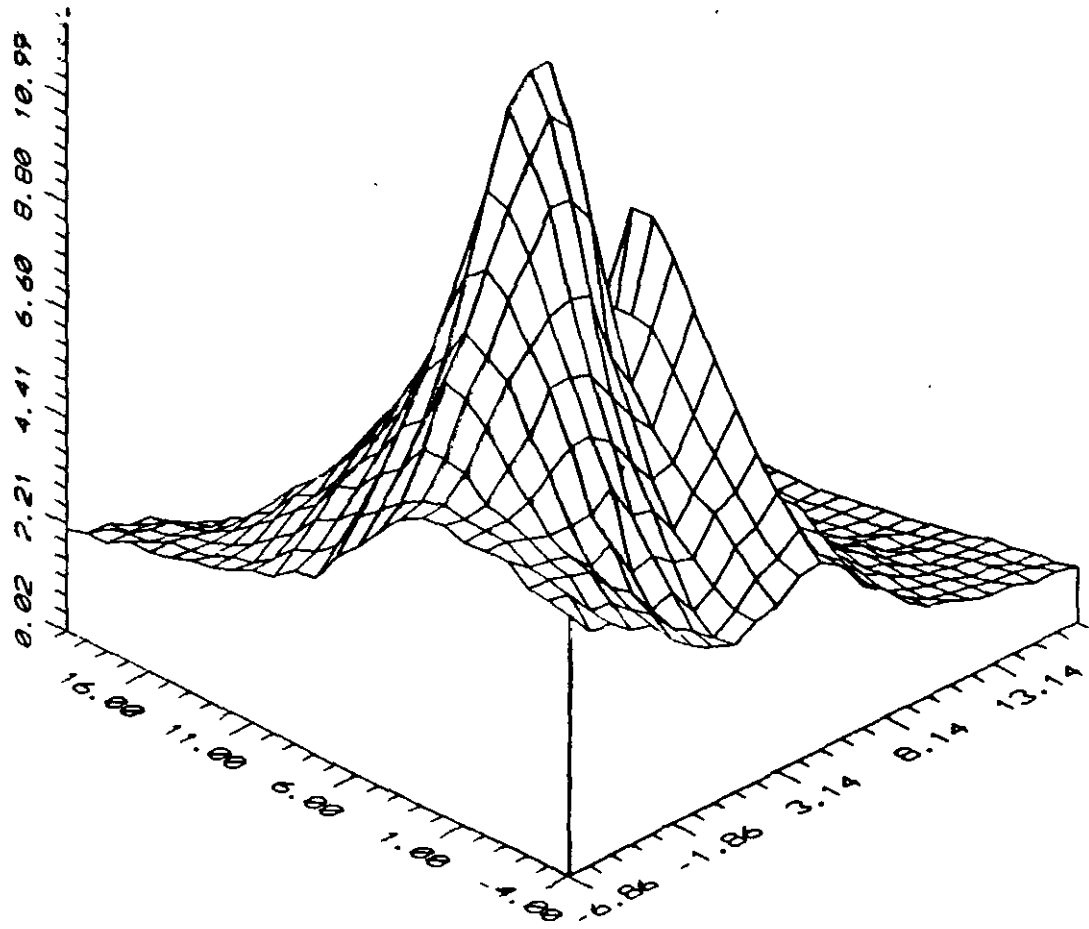
CFE 001 02 - 15.13 9/5 MOPC URBAN 0.00 70.9



Arrival
CFE 0250.077

TTTT
6676

CHE 0.511 20.00 10.00 5.00 2.50 1.25 0.625 0.3125 0.15625 0.078125 0.0390625 0.01953125



**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS
IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS.**

**EN ESTE APARTADO SE DAN A CONOCER LAS
MEDIDAS Y ACCIONES QUE SE REALIZARÁN, CON LA
FINALIDAD DE PREVENIR O MITIGAR LOS IMPACTOS
QUE LA OBRA O ACTIVIDAD PROVOCARÁ EN CADA
ETAPA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.**

**LAS MEDIDAS Y ACCIONES DEBEN PRESENTARSE EN
FORMA DE PROGRAMA EN EL QUE SE PRECISEN EL
IMPACTO POTENCIAL Y LA (S) MEDIDA (S)
ADOPTADA (S) EN CADA UNA DE LAS ETAPAS.**

ACCIÓN	MEDIDAS A OBSERVAR
	<p>MITIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se preservará el 49.11 % de la vegetación que existe dentro del predio. • Se restringirá el desmonte a la superficie mínima necesaria para realizar el desplante de las edificaciones y los caminos del proyecto. Para ello será necesario contratar un equipo de topógrafos que delimiten las áreas que serán aprovechadas, de acuerdo con los planos aprobados. • Incorporar dentro del proyecto, como elementos ornamentales, parte de la vegetación que actualmente habita en el lugar. • Se efectuará un desmonte selectivo, respetando los individuos de la vegetación que se ubiquen en las áreas que posteriormente serán ocupados por las áreas verdes del proyecto. • Se efectuará el rescate de individuos de la flora que puedan ser empleados en los trabajos de ornamentación. Para esto se deberán identificar, marcar y cuantificar los individuos que serán aprovechados o rescatados. • Un grupo de jardineros se encargará del rescate y trasplante de los individuos señalados previamente por el equipo de expertos en flora, que para el efecto se contratará. • Los individuos rescatados serán reubicados en un vivero, para emplearlos en los trabajos de ornamentación. El vivero también servirá para cultivar las especies nativas que se emplearán en los trabajos de reforestación y ornamentación, en la etapa de operación. • Disminuir el ancho de los acotamientos de los caminos y proceder a su reforestación inmediata, con el objeto de eliminar los sitios propicios para el desarrollo de especies ruderales. • Se realizará el rescate y reubicación de individuos de la fauna que pertenezcan a especies bajo régimen de protección o que sean de lento desplazamiento como es el caso de algunos anfibios y reptiles. • Previo al inicio de los trabajos de desmonte, se generará ruido y vibraciones en el suelo, con el objeto de ahuyentar la fauna fuera de las áreas de trabajo. • El desmonte será gradual, para dar tiempo a que la fauna abandone el lugar. • Al término de los trabajos se retirará el material producto del desmonte, con el objeto de evitar el detrimento del paisaje. • Se elaborará un programa de reforestación y ornamentación, que será ejecutado al término de los trabajos de construcción. • En la creación de las áreas verdes, se utilizarán especies nativas, exclusivamente. • Se establecerá un reglamento de construcción interno en donde se especificará claramente, la superficie mínima de terreno que deberá permanecer con vegetación natural INTACTA. Además, en el reglamento se prohibirá la introducción de especies exóticas como elementos ornamentales, indicando claramente, cuales especies de la flora nativa podrán emplearse en los trabajos de reforestación y ornamentación. • En la etapa de operación se contará con personal capacitado que vigile el cumplimiento del reglamento de construcción interno y que además, tenga la capacidad suficiente para asesorar a los colonos en lo referente a reforestación con especies nativas.
	<p>COMPENSACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se destinará un fondo permanente para promover la conservación de las áreas naturales protegidas que existen en el estado.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA CONTRARRESTAR LOS EFECTOS QUE OCASIONARÁN LOS IMPACTOS AMBIENTALES QUE SE PRESENTARÁN DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

ACCIÓN	MEDIDAS A OBSERVAR
Contratación de mano de obra.	<p>PREVENCIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contratación de mano de obra local. • Hospedaje de los trabajadores en campamentos proporcionados por el promovente, con el objeto de evitar la creación de centros de población no planificados. • Los campamentos contarán con servicios públicos básicos propios. • Se verificará que la empresa constructora brinde el servicio de transporte a sus trabajadores, proporcionando los vehículos necesarios para realizar esta tarea. • Los campamentos serán dotados de enfermería, la cual contará con el personal y el equipo necesario para atender a los trabajadores. • En la etapa de operación es conveniente brindar facilidades a los trabajadores para la adquisición de viviendas dignas, con el objeto de evitar la creación de centros de población no planificados. <p>MITIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ubicar los campamentos dentro del predio del proyecto, en sitios que serán aprovechados posteriormente. • Los campamentos serán dotados de enfermería, la cual contará con el personal y el equipo necesario para atender a los trabajadores.
Operación de obras y servicios de apoyo.	<p>PREVENCIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se prohibirá el empleo de altavoces, dentro del predio del proyecto. • Se prohibirá la generación de ruido en horario nocturno (22:00 a 6:00 horas). • Se explicará con todo detalle a los trabajadores, la importancia de mantener los cuerpos de agua libres de contaminantes. • Los campamentos estarán dotados de regaderas con agua suficiente, de tal manera que los trabajadores dispongan en todo momento de agua para refrescarse y/o arreglarse. • Se instruirá a los trabajadores sobre la importancia de cuidar y preservar la flora y fauna silvestre del lugar. Para ello se elaborarán folletos, en los cuales se muestren las especies características del predio, señalando la importancia ecológica de cada una de ellas. • Se prohibirá cualquier tipo de daño a la fauna silvestre. • Se hará del conocimiento de los trabajadores, las sanciones establecidas por la Ley, por daños a la flora y fauna silvestres. • Se instalarán letreros que promuevan la protección de la flora y fauna, en puntos estratégicos dentro del predio. • Se sancionará severamente (incluso con el despido inmediato), a cualquier trabajador que sea sorprendido infringiendo estas prohibiciones. • Se creará un cuerpo de vigilancia interno que vigile el cumplimiento de estas medidas.
Desmante.	<p>PREVENCIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda establecer una franja de amortiguamiento dentro del predio, para evitar el acceso de personas al área de recarga del acuífero. • Restringir la apertura de caminos en los límites del predio con el área sujeta a conservación ecológica, con el objeto de evitar la penetración de especies invasoras hacia los ecosistemas que se ubican dentro de dicha zona.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO
AMBIENTAL**

**MÓDULO IV: INSTRUMENTACIÓN DE POLÍTICA Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

TEMA

**PRECEDIMIENTO GENERAL DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO
AMBIENTAL**

**EXPOSITOR: BIO. DANIEL CHICHARO CASILLAS
PALACIO DE MINERIA
JULIO 2000**

FUNDAMENTO LEGAL

Constitución Política de México

Artículo 25

“Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral...”

“Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente...”

Artículo 27

“La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la nación...”

“La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de *regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales* susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, *cuidar de su conservación*, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana...”

Constitución Política de México

Artículo 27 (Continuación...)

"...se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; *para preservar y restaurar el equilibrio ecológico*; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer....la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural; y *para evitar la destrucción de los elementos naturales*..."

Artículo 73

"...El Congreso tiene facultad:

XXIX-G. Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, *en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico*;

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Artículo 1°

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;

III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;

IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.

V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

X.- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

Artículo 3° (LGEEPA)

Para los efectos de esta Ley se entiende por:

I.- ***Ambiente:*** El conjunto de elementos *naturales y artificiales o inducidos por el hombre* que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados;

II.- ***Areas naturales protegidas:*** Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley;

IV.- ***Biodiversidad:*** La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas;

XI.- ***Desarrollo Sustentable:*** El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras;

Artículo 3° (Continuación...)
(LGEEPA)

XII.- *Desequilibrio ecológico:* La alteración de las relaciones de *interdependencia* entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos;

XIX.- *Impacto ambiental:* Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza;

XX.- *Manifestación del impacto ambiental:* El documento mediante el cual se da a conocer, *con base en estudios*, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo;

XXIII.- *Ordenamiento ecológico:* El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos;

Artículo 4°
(LGEEPA)

La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.

Artículo 15 (LGEEPA)

Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

I.- Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país;

II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;

III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;

IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;

V.- La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las *condiciones presentes* como las que determinarán la *calidad de la vida de las futuras generaciones*;

**Artículo 15 (Continuación...)
(LGEEPA)**

VI.- *La prevención* de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos;

VII.- *El aprovechamiento* de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se *asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad*;

VIII.- Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos;

IX.- La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas;

X.- El sujeto principal de la concertación ecológica son no solamente los individuos, sino también los grupos y organizaciones sociales. El propósito de la concertación de acciones ecológicas es reorientar la relación entre la sociedad y la naturaleza;

XI.- En el ejercicio de las atribuciones que las leyes confieren al Estado, para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y, en general, inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social, se considerarán los criterios de preservación y restauración del equilibrio ecológico;

**Artículo 15 (Continuación...)
(LGEEPA)**

XII.- Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de ésta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho.

XIII.- Garantizar el derecho de las comunidades, incluyendo a los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la salvaguarda y uso de la biodiversidad, de acuerdo a lo que determine la presente Ley y otros ordenamientos aplicables.

XIV.- *La erradicación de la pobreza es necesaria para el desarrollo sustentable;*

XV.- Las mujeres cumplen una importante función en la protección, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en el desarrollo. Su completa participación es esencial para lograr el desarrollo sustentable;

XVI.- El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población;

**Artículo 15 (Continuación...)
(LGEEPA)**

XVII.- Es interés de la nación que las actividades que se lleven a cabo dentro del territorio nacional y en aquellas zonas donde ejerce su soberanía y jurisdicción, no afecten el equilibrio ecológico de otros países o de zonas de jurisdicción internacional;

XVIII.- Las autoridades competentes en igualdad de circunstancias ante las demás naciones, promoverán la preservación y restauración del equilibrio de los ecosistemas regionales y globales, y

XIX.- A través de la cuantificación del costo de la contaminación del ambiente y del agotamiento de los recursos naturales provocados por las actividades económicas en un año determinado, se calculará el *Producto Interno Neto Ecológico*. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática integrará el Producto Interno Neto Ecológico al *Sistema de Cuentas Nacionales*.

**Artículo 16
(LGEEPA)**

Las entidades federativas y los municipios en el ámbito de sus competencias, observarán y aplicarán los principios a que se refieren las fracciones I a XV del artículo anterior.

TITULO PRIMERO: Disposiciones Generales
CAPÍTULO IV: *Instrumentos de la Política Ambiental*

SECCIÓN I	Planeación Ambiental
SECCIÓN II	Ordenamiento Ecológico del Territorio
SECCIÓN III	Instrumentos Económicos
SECCIÓN IV	Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos
SECCION V	Evaluación del Impacto Ambiental
SECCIÓN VI	Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental
SECCIÓN VII	Autorregulación y Auditorías Ambientales
SECCIÓN VIII	Investigación y Educación Ecológicas

TITULO SEGUNDO: Biodiversidad
CAPÍTULO I: *Áreas Naturales Protegidas*

Artículo 28 (LGEEPA)

La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;

III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;

IV.- Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos;

V.- Aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración;

**Artículo 28 (Continuación...)
(LGEEPA)**

VI.- Plantaciones forestales;

VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;

VIII.- Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas;

IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;

X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;

XI.- Obras en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;

XII.- Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas, y

XIII.- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

Artículo 30 (LGEEPA)

Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Cuando se trate de actividades consideradas *altamente riesgosas* en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el *estudio de riesgo* correspondiente.

Artículo 31 (LGEEPA)

La realización de las obras y actividades a que se refieren las fracciones I a XII del artículo 28, requerirán la presentación de un *informe preventivo* y no una manifestación de impacto ambiental, cuando:

I.- *Existan normas oficiales mexicanas* u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, *todos los impactos ambientales relevantes* que puedan producir las obras o actividades;

II.- Las obras o actividades de que se trate estén *expresamente previstas* por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido *evaluado por la Secretaría* en los términos del artículo siguiente, o

III.- Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales *autorizados en los términos de la presente sección*.

Artículo 34 (LGEEPA)

Una vez que la Secretaría reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente a que se refiere el artículo 35, pondrá ésta a *disposición del público*, con el fin de que pueda ser *consultada* por cualquier persona.

Artículo 9°
(Reglamento de la LGEEPA)

Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una *manifestación de impacto ambiental*, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.

La Información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

La Secretaría proporcionará a los promoventes *guías* para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo. La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.

Artículo 10
(Reglamento de la LGEEPA)

Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

- I. Regional, o
- II. Particular.

Artículo 11
(Reglamento de la LGEEPA)

Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la *modalidad regional* cuando se trate de:

I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;

II. Un *conjunto de obras o actividades* que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;

III. Un *conjunto de proyectos de obras y actividades* que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y

IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

En los *demás casos*, la manifestación deberá presentarse en la *modalidad particular*.

Artículo 12
(Reglamento de la LGEEPA)

La manifestación de impacto ambiental, en su *modalidad particular*, deberá contener la siguiente información:

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;

II. Descripción del proyecto;

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo;

IV. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto;

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales;

VI. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales;

VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas, y

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.

Artículo 13
(Reglamento de la LGEEPA)

La manifestación de impacto ambiental, en su *modalidad regional*, deberá contener la siguiente información:

- I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;**
- II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;**
- III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;**
- IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;**
- V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;**
- VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;**
- VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y**
- VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.**

Artículo 35 (LGEEPA)

Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual *revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables*, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.

Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los *programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas* y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.

Artículo 35 (Continuación...)
(LGEEPA)

Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, *la resolución* correspondiente en la que podrá:

I.- *Autorizar* la realización de la obra o actividad de que se trate, *en los términos solicitados*;

II.- *Autorizar de manera condicionada* la obra o actividad de que se trate, a la *modificación del proyecto* o al establecimiento de *medidas adicionales de prevención y mitigación*, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o

III.- *Negar la autorización* solicitada, cuando:

a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables;

b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o

c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate.

Artículo 46
(Reglamento de la LGEEPA)

El plazo para emitir la resolución de evaluación de la manifestación de impacto ambiental no podrá exceder de sesenta días. Cuando por las dimensiones y complejidad de la obra o actividad se justifique, la Secretaría podrá, excepcionalmente y de manera fundada y motivada, ampliar el plazo hasta por sesenta días más, debiendo notificar al promovente su determinación en la forma siguiente:

I. Dentro de los cuarenta días posteriores a la recepción de la solicitud de autorización, cuando no se hubiere requerido información adicional, o

II. En un plazo que no excederá de diez días contados a partir de que se presente la información adicional, en el caso de que ésta se hubiera requerido.

La facultad de prorrogar el plazo podrá ejercitarse una sola vez durante el proceso de evaluación.

Artículo 47
(Reglamento de la LGEEPA)

La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Artículo 48
(Reglamento de la LGEEPA)

En los casos de *autorizaciones condicionadas*, la Secretaría señalará las condiciones y requerimientos que deban observarse tanto en la *etapa previa al inicio de la obra o actividad, como en sus etapas de construcción, operación y abandono*.

Artículo 49
(Reglamento de la LGEEPA)

Las autorizaciones que expida la Secretaría sólo podrán referirse a los aspectos ambientales de las obras o actividades de que se trate y *su vigencia no podrá exceder del tiempo propuesto para la ejecución de éstas*.

Asimismo, los promoventes deberán dar aviso a la Secretaría del inicio y la conclusión de los proyectos, así como del cambio en su titularidad.

**Artículo 35 (Continuación...)
(LGEEPA)**

La Secretaría podrá exigir el *otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización*, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.

La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate.

Artículo 51
(Reglamento de la LGEEPA)

La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, *cuando* durante la realización de las *obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas*. Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:

I. Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;

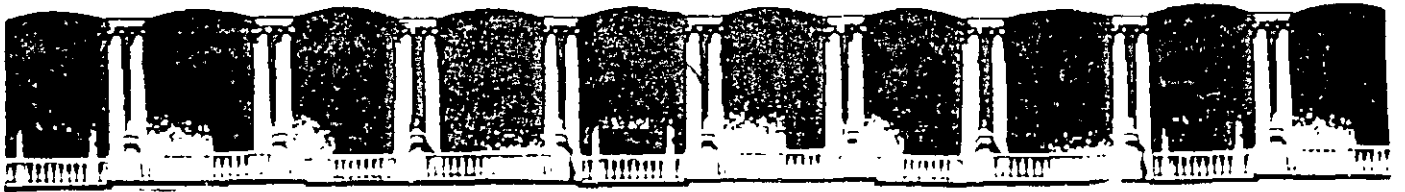
II. En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;

III. Los proyectos impliquen la realización de *actividades* consideradas *altamente riesgosas* conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y

IV. *Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.*

Artículo 55
(Reglamento de la LGEEPA)

La Secretaría, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, realizará los actos de inspección y vigilancia del cumplimiento de las disposiciones contenidas en el presente ordenamiento, así como de las que del mismo se deriven, e impondrá las medidas de seguridad y sanciones que resulten procedentes. Asimismo, la Secretaría podrá requerir a los responsables que corresponda, la presentación de información y documentación relativa al cumplimiento de las disposiciones anteriormente referidas.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO
AMBIENTAL**

**MÓDULO IV: INSTRUMENTACIÓN DE POLÍTICA Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

TEMA

VARIOS

**PALACIO DE MINERIA
JULIO 2000**

**EXPERIENCIA EN CAPACITACION EN UN
PROYECTO DE CONTROL AMBIENTAL EN LA
AMPLIACION Y ADECUACION DE
PLATAFORMAS PETROLERAS MARINAS**

YACIMIENTO CANTAREL

- **65 PLATAFORMAS**
- **TRES COMPLEJOS DE PRODUCCIÓN**

POLÍTICAS

ASEGURAR UN ADECUADO PLAN DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL, DISEÑADO E IMPLEMENTADO DE ACUERDO A LA GENERACIÓN DE UNA CONCIENCIA Y CULTURA AMBIENTAL, LLEVÁNDOLO A CABO Y SUSTENTÁNDOLO A TRAVÉS DE MEJORAMIENTOS CONTINUOS DEL MISMO PLAN.

GARANTIZAR LA EFICIENTE Y SEGURA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES DE LA OBRA Y UNA EFECTIVA DIRECCIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS, A TRAVÉS DE LAS GUÍAS DE TRABAJO SEGURO PARA LAS CUADRILLAS DE OBRA EVITANDO DE ESTA MANERA UN POSIBLE DAÑO AL AMBIENTE.

APLICAR UN ADECUADO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y NIVEL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL EN TODAS LAS FASES DEL PROYECTO, DESDE EL DISEÑO CONCEPTUAL DE INGENIERÍA Y DESPUÉS EN EL ENSAMBLE, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LAS INSTALACIONES.

Forma de abordar el deterioro ambiental

- **FORMAS DE ATAQUE**

- **LEGAL Y CONSTITUCIONAL**

- **VOLUNTAD POLITICA**

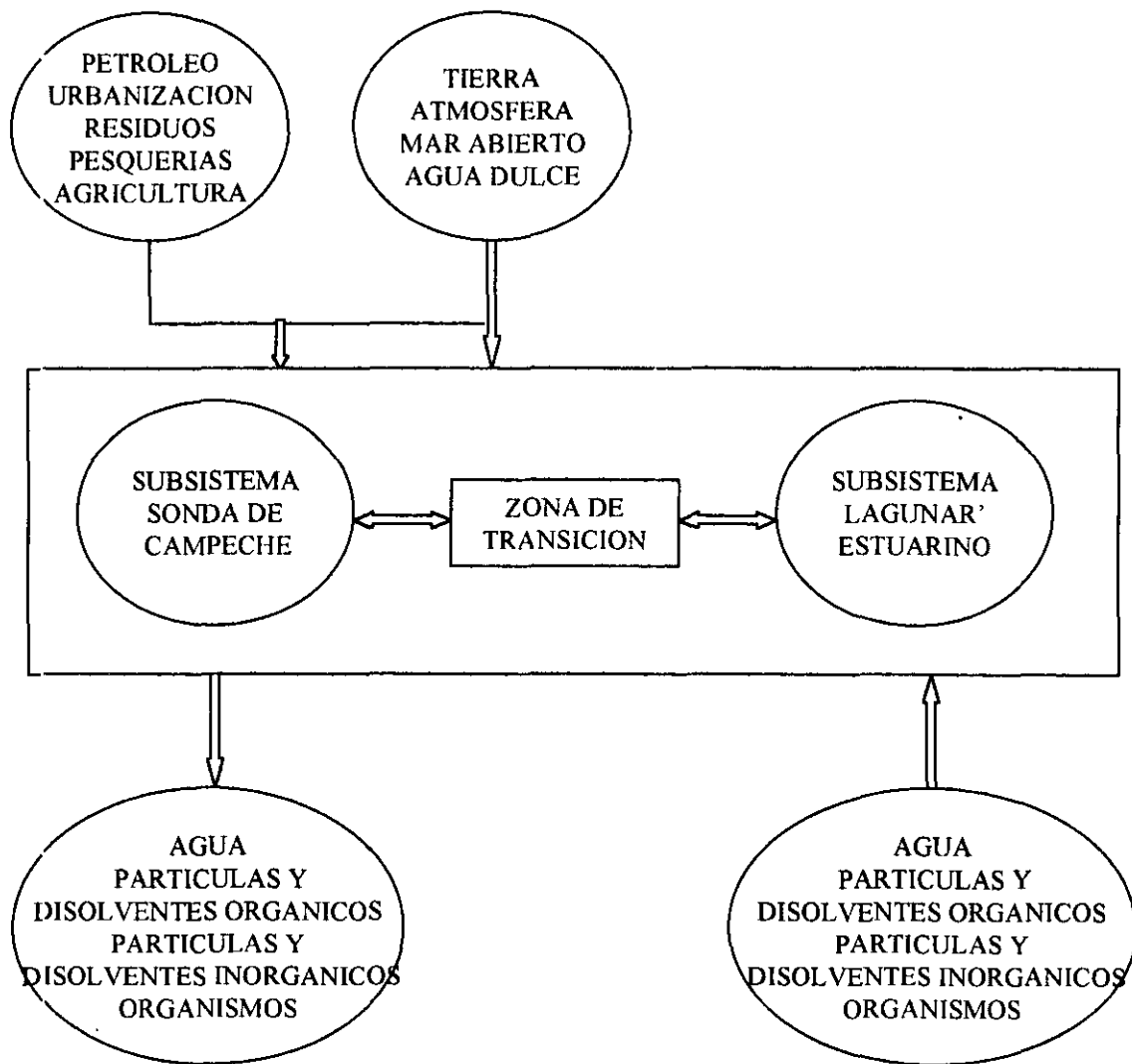
- **FOROS Y ORGANISMOS INTERNACIONALES**

- **INDIVIDUOS**

- **PARA**

- Impulsar reformas y adiciones que penalicen severamente las actividades que dañen el entorno natural
- enfrentar a grandes grupos de poder político o económico que casi siempre se encuentran atrás de los procesos de contaminación
- en donde se discutan los problemas ambientales desde una perspectiva global
- fortalecimiento de la conciencia y participación ciudadana

COMPONENTES DE UN SISTEMA ECOLOGICO EN LA LAGUNA DE TERMINOS Y LA SONDA DE CAMPECHE



DESACUERDO EN MATERIA AMBIENTAL

Naciones Industrializadas

- Estados Unidos es el mayor emisor de:
 - bióxido de carbono (calentamiento de la atmósfera)
 - fluorocarbonados (destrucción de la capa de ozono)
- son las mayores contaminadoras del planeta

Naciones pobres

- Las naciones industrializadas buscan culparlas del daño ecológico
- heredan de los países industrializados tecnologías, procesos y materiales altamente contaminantes

•PROTECCION AMBIENTAL

•ECOLOGIA MARINA

•PLAN DE ACCION DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES

•CONTROL DE DERRAMES

•CONTAMINACION DEL MEDIO MARINO

•PREVENCION DE LA CONTAMINACION POR ESPECIALIDAD

•RESIDUOS: ORGANICOS-INORGANICOS (RECICLABLES - NO
RECICLABLES

•COMUNICACIÓN DEL PELIGRO

•RESPUESTAS A EMERGENCIAS AMBIENTALES

•ACCIDENTES E INCIDENTES AMBIENTALES

•SISTEMA DE MONITOREO AMBIENTAL

•METODOLOGIA PARA ANALISIS DE RIESGO

•LIDERAZGO PARA SUPERVISORES

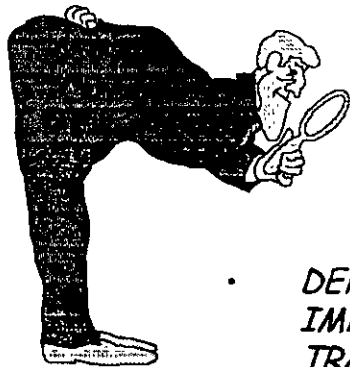
•PLANES DE CUMPLIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL

•AVANCES DE LOS PLANES DE CUMPLIMIENTO Y
CONTROL AMBIENTAL

CURSOS DE CAPACITACION

- PLANES DE ADMINISTRACION AMBIENTAL
- INSTRUMENTOS DE POLITICA AMBIENTAL
- ORDENAMIENTO ECOLOGICO DEL TERRITORIO
- INSTRUMENTOS ECONOMICOS
- EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

- REGULACION AMBIENTAL DE LOS ACENTAMIENTOS
HUMANOS
- REGIMEN DE NORMALIZACION
- AUTOREGULARIZACION Y AUDITORIA AMBIENTAL
- BIODIVERSIDAD



OBJETIVO

- *DEFINIR LAS POLITICAS Y PLANES IMPLEMENTADAS EN MATERIA AMBIENTAL EN TRABAJOS OSSHORE EN PLATAFORMAS DE PRODUCCION MARINA*

A QUIEN SE DIRIGEN LOS CURSOS

- MANDATOS SUPERIORES
- MANDATOS MEDIOS
- SUPERVISORES Y CAPATACES
- PERSONAL EN GENERAL
- SUBCONTRATISTAS
- PROVEEDORES

BRIGADAS

- ES EL RESPONSABLE DIRECTO DE ANALIZAR LOS RIESGOS POTENCIALES CON BASE A LA IDENTIFICACION, EVALUACION Y CONTROL DE FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL DESENLACE DE EVENTOS ANTROPOGENICOS DE CONTAMINACION AMBIENTAL Y DAÑOS A LA SALUD

CAPACITACIÓN

GESTIÓN DE CONTROL AMBIENTAL

**LLEVAR A CABO UNA REVISIÓN REGULATORIA
COMPLETA**

**IDENTIFICAR LOS REGLAMENTOS AMBIENTALES
APLICABLES**

DEFINIR LOS ESTÁNDARES O NORMAS PERTINENTES

**IDENTIFICAR LAS DEPENDENCIAS RESPONSABLES DE LA
ADMINISTRACIÓN DE LOS REGLAMENTOS**

COLECTAR LAS NORMAS ECOLÓGICAS

SISTEMA DE ADMINISTRACION

Gestión Ambiental

CEDULAS DE FUNCIONAMIENTO

Métodos y Procedimientos

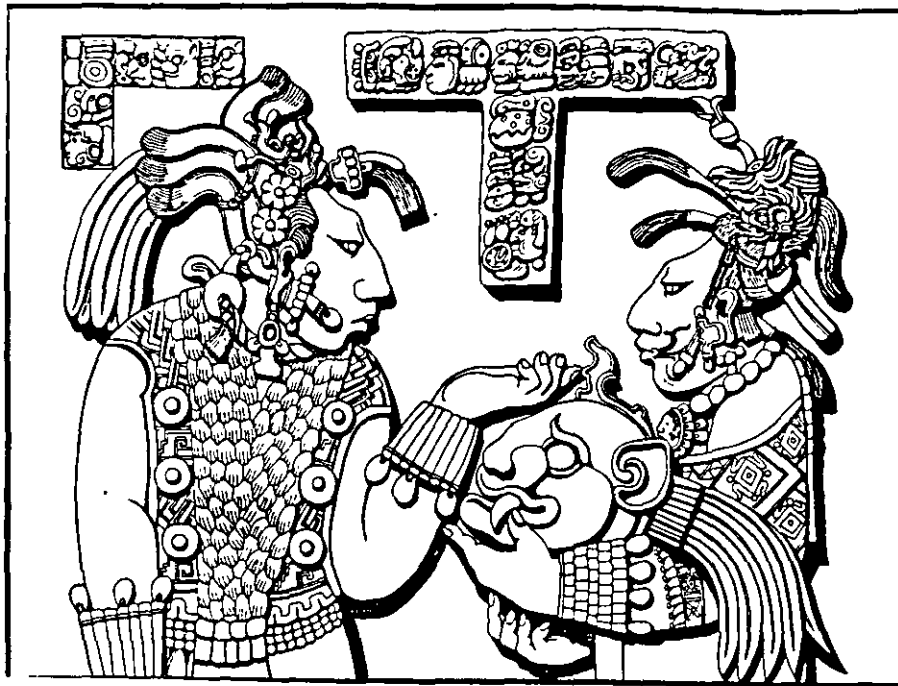
EN TIERRA Y ABORDO

Brigadas de Prevención Ambiental

IDENTIFICAR RIESGOS POTENCIALES CON BASE A LA EVALUACIÓN Y CONTROL

Capacitación y Entrenamiento.

PROGRAMAS DE CAPACITACION



BAJO RELIEVE 26, YAXCHILAN, CHIAPAS

XOCHICUICATL

Cantos Floridos

Aquí en la Tierra es la región del Mundo fugaz

¿Allá se alegra uno?

¿Hay allá amistad?

¿O solo aquí en la tierra

hemos venido a conocer nuestros rostros?

Que ahora se alegren nuestros corazones.

En la tierra solo por breve tiempo

nos conocemos mutuamente,

solamente estamos aquí

como prestados unos a otros.

Por eso, gozad ahora

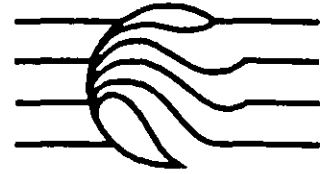
que se aminore con ello

nuestra tristeza.

Poesía Nahuatl

International IDNDR-Conference
on Early Warning Systems for
the Reduction of Natural Disasters

EWC
● '98



W. H. K. Lee, J. M. Espinosa-Aranda

**Earthquake early warning systems:
current status and perspectives**

Manuscript hand-out at EWC'98

Potsdam, Federal Republic of Germany
September 7-11, 1998

EARTHQUAKE EARLY-WARNING SYSTEMS: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

W. H. K. Lee

U. S. Geological Survey, Menlo Park, CA, 94025, USA

J. M. Espinosa-Aranda

Centro de Instrumentacion y Registro Sismico, Anaxagoras #814, CP 03020,
Mexico, D.F., Mexico

□

ABSTRACT

As increasing urbanization is taking place worldwide, earthquake hazards pose strong threats to lives and properties for urban areas near major active faults on land or subduction zones offshore. Earthquake early-warning systems can be a useful tool for reducing earthquake hazards, if cities are favorably located with respect to earthquake sources and their citizens are properly trained to respond to earthquake warning messages. The physical basis for earthquake early-warning systems is well understood, namely, destructive S- and surface waves travel at about half the speed of the P-waves, and seismic waves travel at much slower speed than signals transmitted by telephones or radios.

At least three countries have earthquake early-warning systems in operation, (1) Japan, (2) Mexico, and (3) Taiwan. These systems can provide a few seconds to several tens of seconds of warning for large earthquakes. With recent emphasis on real-time seismology, operators of many regional and local seismic networks are now upgrading their systems to reduce the time for issuing an earthquake notice from several minutes to under a minute, thus potentially making earthquake early-warning a technical possibility. More significantly, a properly upgraded seismic network can provide a shake map within minutes after a disastrous earthquake, so that loss estimation from an earthquake can be quickly assessed to aid disaster response and recovery.

At present, the Seismic Alert System (SAS) in Mexico City is the only system issuing earthquake warning directly to the public. As it is appropriated for the International IDNDR-Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters (EWC'98), we will discuss the societal experience of this system during the past few years.

1. INTRODUCTION

The present technology in seismic instrumentation and telecommunications permits the implementation of a computerized system for earthquake early warning. Such a system is capable of providing from a few seconds to a few tens of seconds of warning before the arrival of strong ground shaking caused by a large earthquake. This timely information may be used (1) to minimize property damage and the loss of lives in metropolitan areas, and (2) for real-time loss estimation to aid emergency response and recovery. The purpose of this paper is to present a brief review of the advances in earthquake early-warning systems and to examine its current status and perspectives. As this paper is intended for a general audience, no technical details will be presented, but the interested readers can consult the extensive bibliographic references given at the end of the paper. Because the Seismic Alert System in Mexico City is the only system issuing earthquake warning to the public, we will discuss the societal experience of this system during the past few years.

In addition to this EWC'98 International Conference, four technical sessions on earthquake early warning systems were held in conjunction with the following international meetings:

- The XXI General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics in Boulder, Colorado, USA (*see* Lee and Shin, 1995).
- The Eleventh World Conference on Earthquake Engineering in Acapulco, Mexico (*see* Lee and Espinosa-Aranda, 1996).
- The 29th General Assembly of the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior in Thessaloniki, Greece (*see* Lee et al., 1997), and
- International IDNDR Conference on "Modern Preparation and Response Systems for Earthquake, Tsunami and Volcanic Hazards" in Santiago, Chile (*see* Instituto Geografico Militar de Chile, 1998).

The references cited above gave abstracts (and sometimes, extended summaries) of papers submitted. Complete papers for the Mexico session can be found in the Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering on CD-ROMs.

In addition, several papers related to earthquake early warning were presented at the Union session on "Hazard Mitigation: Use of Real-Time Information" during the 1997 Fall Meeting of the American Geophysical Union in San Francisco, California, USA (*see* Ward and Cluff, 1997). A progress report on "Real-time Seismology and Earthquake Hazard Mitigation" was presented by Kanamori et al (1997) in the popular scientific journal, *Nature*. References to technical details will also be given as we discuss the issues below.

An earthquake early-warning system can be constructed from systems for real-time monitoring. Such real-time systems have other applications, e.g., in tsunami warning and in monitoring volcanic eruptions. However, it is beyond the scope of this paper to discuss these topics.

2. SOME BACKGROUND INFORMATION

Cooper (1868) proposed the idea of an earthquake early-warning system for San Francisco, California, more than one hundred years ago. In the mid-nineteenth century, there were frequent earthquakes near Hollister, California, about 120 km southeast of San Francisco. Cooper proposed to set up seismic detectors near Hollister and when an earthquake triggered them, an electric signal would be sent by telegraph to San Francisco. This signal would then ring a big bell in City Hall to warn citizens that an earthquake had occurred. At that time, scientists already knew that an electric signal travels much faster than seismic waves. Unfortunately, Cooper's scheme was never implemented. More than 100 years later, Heaton (1985) proposed a seismic computerized alert network for southern California, and Bakun et al. (1994) implemented an early warning system for aftershocks of the 1989 Loma Prieta earthquake using modern hardware in a scheme similar to Cooper's.

In the mid-1960's, China, Japan, USA, and USSR initiated extensive earthquake research programs. These programs emphasized earthquake prediction and some seismologists at that time were optimistic that earthquake prediction could be realized in 10 years. However, the ability to predict the time, place, and magnitude of an earthquake accurately remains elusive (U. S. National Research Council, 1991). More recently, Geller (1997) presented a critical review of earthquake prediction, and concluded that:

"Earthquake prediction research has been conducted for over 100 years with no obvious successes. Claims of breakthroughs have failed to withstand scrutiny. Extensive searches have failed to find reliable precursors."

It is now recognized that earthquake prediction is an extremely difficult problem to solve, because the earth is complex and we don't fully understand the earthquake generating process (Knopoff, 1996; Evans, 1997). Although earthquake prediction research is yet to attain its goal, increased funding from the 1960's has resulted in advances in many fronts in seismology, including the development of regional and local seismic networks (see for example, Lee and Stewart, 1981).

We cannot ignore the increasing economic and human loss due to earthquakes because of rapid urbanization around the world. For example, recent earthquakes such as, the January 17, 1994 shock in Northridge, California, and the January 17, 1995 shock in Kobe, Japan, caused about US\$20 billion and US\$100 billion in

damage, respectively; and over 5,000 persons lost their lives in the Kobe earthquake. Therefore, in recent years some seismologists and earthquake engineers have turned their attention to developing and implementing systems that can provide early warning or rapid response to large earthquakes in order to minimize loss and to aid recovery.

3. PHYSICAL BASIS FOR EARTHQUAKE EARLY WARNING

The physical basis for earthquake early warning is simple: strong ground shaking is caused by shear (S) and the following surface waves (which travel at about half the speed of the primary (P) waves), and seismic waves travel much slower than electromagnetic signals transmitted by telephone or radio.

Figure 1 shows an example of a prototype system for earthquake early warning, which was implemented in Taiwan. Figure 1(A) is a map showing the geographic location of the Hualien Network and Taipei, capital of Taiwan. Figure 1(B) shows accelerograms recorded in Hualien and in Taipei from an earthquake marked by "*" in Figure 1(A). The amplitude of the Taipei accelerogram has been magnified 6 times relative to that of the Hualien accelerogram. The time scale is shown at the top of Figure 1(B). "O" stands for the origin of the earthquake, "P" for P-wave onset, and "S" for S-wave onset. In Hualien, the P-wave arrived in about 3 seconds, and the S-wave arrived in about 5 seconds after the occurrence of the earthquake. On the other hand, in Taipei (about 120 km from Hualien) the P-wave arrived in about 12 seconds, and the S-wave arrived in about 21 seconds. In both cases, the amplitude of the S-wave is much larger than that of P-wave. Since the Hualien Network is capable of locating an earthquake and estimating its magnitude in about 10 seconds, a warning signal sent to Taipei by telephone circuit arrives just before the P-wave, and about 11 seconds before the larger S-wave.

To illustrate the above observation in general, we plot the travel time for P-wave and S-wave versus distance in Figure 1(C). We make the following assumptions of a typical destructive earthquake: (1) focal depth at 20 km, (2) P-wave velocity at 8 km/sec, and (3) S-wave velocity at 4.5 km/sec. If an earthquake is located 100 km away from a city, the P-wave arrives at the city in about 13 seconds, and the S-waves in about 22 seconds according to Figure 1(C). If we deploy a dense seismic network in the earthquake source area that is capable of locating and determining the size of the event in about 10 seconds, we will have about 3 seconds to issue a warning before the P-wave arrives, and about 12 seconds before the more destructive S-waves and surface waves arrive at the city. Here, we have assumed that it takes very little time to send a signal from a seismic network to the city by electromagnetic waves (e.g., telephone circuit) at nearly the speed of light (300,000 km/sec).

5. BENEFITS OF AN EARTHQUAKE WARNING SYSTEM

An earthquake early-warning system may provide the critical information needed (1) to minimize loss of property and lives, (2) to aid rescue operations, and (3) to assist recovery from earthquake damage.

The most effective use of earthquake early warning is to activate automated systems to prepare for incoming strong ground shaking. For example: slowing down rapid-transit vehicles and high-speed trains to avoid potential derailment, orderly shutdown of pipelines and gas lines to minimize fire hazards, controlled shutdown of manufacturing operations to decrease potential damage to equipment, and safe-guarding computer information by saving vital information and retracting disk heads away from the disk surface. All the above can be accomplished to a useful extent with a few seconds notification.

Although human response may take more than a few seconds, personal safety could be greatly enhanced if people were alerted, school children could seek cover under desks and workers could move away from hazardous positions. More importantly, early earthquake notification might reduce panic and confusion. The functions of a modern society, including civil and military operations, will be less likely to turn into chaos if an early earthquake notification is available and drills for appropriate actions have been performed. For example, the Mexico City Alert System (and associated programs to educate the public) demonstrated its usefulness during the September 14, 1995 earthquake (Espinosa-Aranda et al., 1995, 1996).

For an earthquake early-warning system with sufficient numbers of well-distributed accelerometers (such as the realtime system in operation in Taiwan), we can estimate quickly the maximum expected ground-motion caused by an earthquake (i.e., a shake map), so that emergency response teams may be dispatched where they are needed most. In practice, such a shake map will be revised and updated as more information is received. In addition, an inventory of man-made structures and their vulnerability must exist so that loss estimation from an earthquake can be quickly assessed to aid disaster response and recovery. The usefulness of this approach is recognized, especially after the Northridge earthquake (Goltz, 1996; Eguchi et al., 1997). Recently, the Federal Emergency Management Agency (FEMA) of the United States introduced a risk assessment methodology -- Hazards United States (Hazus) to assist emergency managers in estimating earthquake risk in their jurisdictions (Nishenko, 1998). The shake map produced by an earthquake early-warning or rapid notification system is required for Hazus' approach in estimating loss after an earthquake disaster.

As noted before, few cities are favorably located so that an earthquake warning message can be effectively used before strong shaking occurs. Although Mexico City is favorably located for earthquake early warning, the experience of the SAS in Mexico City indicates that it is not easy to manage a public earthquake early-warning system. Nevertheless, an earthquake early-warning or rapid notification system is an important tool to provide the necessary information (e.g., a shake

From Figure 1(C), it is clear that the above strategy may work for earthquakes located about 60 km or more away from a city. For earthquakes at shorter distances (say, 20 to 60 km), we must reduce the time for detecting the event and issuing a warning to about 5 seconds. For earthquakes within 20 km of a city, there is little one can do other than installing automatic shut-off devices for gases (for example) that can be triggered by the onset of the P-wave. Normally an earthquake that is more than 100 km away from a city does not pose a large threat to the city, because seismic waves would be attenuated by a factor of about 5 in general. There are exceptional cases due to unusual local site conditions, such as Mexico City, that will be discussed later

4. REAL-TIME MONITORING AND EARLY WARNING

There are two different approaches in implementing an earthquake early-warning system. Nakamura (1988, 1996a, 1996b) used a single station approach, where seismic signals are processed locally and an earthquake warning is issued when ground motion exceeds the trigger threshold. Lee et al. (1996) used an array approach, where a central station processes signals from an array of stations and decides whether or not an earthquake exceeding certain threshold has occurred

It was recognized in the 1960's that real-time seismic monitoring was critical to the earthquake prediction program. At that time, it usually took half an hour or more to locate an earthquake. In the late 1960's, J. P. Eaton, W. H. K. Lee, and S. W. Stewart demonstrated through a computer simulation that a real-time seismic monitoring system could be implemented to locate an earthquake within 1 minute (unpublished report submitted to the U. S. government). Two years later, an actual system was developed by this team at the U. S. Geological Survey (USGS) in Menlo Park (Stewart et al., 1971). Since then, numerous real-time monitoring systems have been developed and implemented worldwide.

In real-time monitoring, signals from seismic sensors in the field (either analog or digital) are telemetered to a central receiving station for processing. By real-time we mean that the results can be obtained within seconds or tens of seconds. In practice, there are several obstacles to achieving a quicker response. Large earthquakes normally occur at depth of a few tens of kilometers or deeper. It takes several seconds for seismic waves to reach the earth's surface where the seismic sensors are located, and several tens more seconds before sufficient numbers of sensors detect the seismic waves. In the experimental earthquake early-warning system in Hualien, Taiwan, a 10-second or less response time has been achieved for earthquakes occurring inside or near the dense array with sensor spacing of about 2 km. However, such dense deployment of sensors is not economical to cover a large area in real practice.

In essence, a real-time seismic monitoring system consists of: (1) sensors deployed in the field, (2) telemetry, (3) a central receiving station where real-time data acquisition and processing are performed, and (4) if an potential damaging earthquake has been detected, then results are communicated via one or more communication channels to users. For an earthquake early-warning system based on real-time seismic monitoring, we must achieve a response time that users can take actions before strong shaking arrives. Unfortunately, most urban areas of the world (except Mexico City and a few others) are not situated at a favorable distance from earthquake source regions for earthquake warning to be effective. Recent damaging earthquakes, such as Northridge and Kobe earthquakes, occurred in heavily populated areas, too close for any earthquake early-warning system to be useful before strong shaking arrived.

It is interesting to note that the earthquake early-warning systems in operation in Japan and Mexico were developed by engineers in response to a practical need. Whereas the real-time seismic monitoring systems developed by the seismologists are mostly for collecting data and for in-house research. This situation changed somewhat after the 1989 Loma Prieta, California earthquake. Rapid earthquake notification systems were developed in southern California ("CUBE", the Caltech/USGS Broadcast of Earthquakes, Kanamori et al., 1991) and in northern California ("REDI", the Rapid Earthquake Data Integration Project, Gee et al., 1996). These systems allow earthquake parameters to be broadcasted to users in a few minutes after the earthquake occurred. For the 1994 Northridge, California earthquake, rapid notification by CUBE was found very useful in emergency and recovery management (Eguchi et al., 1997).

Recently, Kanamori et al (1997) summarized the progress on real-time seismology and earthquake hazard mitigation as follows:

"Recent advances in seismic sensor technology, data acquisition systems, digital communications, and computer hardware and software make it possible to build reliable real-time earthquake information systems. Such systems provide a means for modern urban regions to cope effectively with the aftermath of major earthquakes and, in some cases, they may even provide warning, seconds before the arrival of seismic waves. In the long term these systems also provide basic data for mitigation strategies such as improved building codes."

Real-time seismic monitoring is also critical for volcano studies. In particular, the IASPEI real-time seismic data acquisition and processing system (Lee, 1989, 1990) was used in the successful prediction of the Mount Pinatubo eruption in 1991 (Kerr, 1991; Newhall and Punongbayan, 1996).

map) for effective earthquake mitigation and to monitor the seismicity after a disastrous earthquake.

6. EARTHQUAKE EARLY-WARNING SYSTEMS IN OPERATION

We will now briefly review a few earthquake early-warning systems that are currently in operation around the world. The two operating systems in Japan were developed under the leadership of Y. Nakamura and were designed to issue earthquake warnings for the railway operations (Nakamura, 1996a, 1996b). J. M. Espinosa-Aranda and associates (Espinosa-Aranda et al., 1995; 1996) developed the Seismic Alert System operating in Mexico. Its purpose is to communicate an emergency message to the public in Mexico City. Two research-oriented systems have been implemented in Taiwan as a joint effort of the Central Weather Bureau, the Southern California Earthquake Center, and the U. S. Geological Survey (Lee, 1995; Lee et al., 1996; Shin et al., 1996; Teng et al., 1997; Wu et al., 1997). We will also mention a few earthquake notification systems that are potentially capable of earthquake early warning, but whose main purpose is to provide rapid notification for emergency and recovery management immediately after a damaging earthquake.

6.1 Earthquake Early-Warning Systems in Japan

For more than twenty years, Japan has benefited from an earthquake early-warning system on their Japan Railway trains, including the "bullet" trains (Nakamura and Tucker, 1988). This system consists of alarm seismometers installed every 20 km along the lines (see Figure 2). Currently, an intelligent earthquake warning system called UrEDAS is being implemented in Japan (Nakamura, 1988; 1996a; 1996b). UrEDAS (Urgent Earthquake Detection and Alarm System) uses a single station instead of a network approach. An UrEDAS system detects initial P-wave motion of an earthquake and estimates its location and magnitude within about 3 seconds. Using the location and magnitude data, it then issues an alarm for the area of expected damage. By March, 1992, fourteen UrEDAS had been installed along the Tokaido Shinkansen line and a total of about 30 UrEDAS are now in operation (Nakamura, 1996b).

During the January 17, 1995 Kobe earthquake, the alarm seismometers issued alarms within a few seconds one by one. All Tokaido UrEDAS (except at Gozaisho) judged the Kobe earthquake as harmless for the bullet trains and did not issue an alarm. However, the UrEDAS at Gozaisho, which is nearest to the bullet train line, did issue an alarm at about the same time as the older alarm seismometers. These results indicate that both old and new warning systems for the bullet trains functioned properly as designed.

6.2 The Seismic Alert System in Mexico

Mexico City suffers from considerable earthquake damages even though the earthquake sources are typically about 300 km away. The Michoacan earthquake of September 19, 1985 killed about 10,000 people and left tens of thousands homeless in Mexico City. After the 1985 earthquake, a seismic alert system was designed and implemented by the Centro de Instrumentacion y Registro Sismico (CIRES) under the direction of J. M. Espinosa-Aranda. This system is named the Seismic Alert System (SAS), and it consists of four units: seismic detection, telecommunications, central control, and radio warning. The seismic detector system has 12 digital strong-motion field stations along 300 km of the Mexican coast at 25 km spacing as shown in the top portion of Figure 3. Each field station monitors the seismic activity within a 100-km radius and detects and estimates magnitude of an earthquake within 10 seconds of its initiation. If the estimated magnitude is greater than 6, a warning message is sent via the telecommunications unit to the central control unit in Mexico City. A public alert signal is sent through the radio warning unit if two or more field stations confirm the occurrence of the earthquake.

The local magnitude is estimated for epicentral distances closer than 100 km, using an empirical relation embedded in each field station, this relation uses mainly the root mean square acceleration and its average evolution. The decision of emitting the early warning is taken by the central control system in Mexico City after receiving the estimates of other stations. During the operation of SAS, there have been some inaccurate magnitude estimations. To solve this, the empirical relation has been periodically adjusted using new earthquake data acquired by the system. Also, a minor adjustment to the central control unit enhanced the system by allowing general alerts only when at least two field stations estimate the magnitude of the earthquake as greater than 6.

In addition to implementing a practical earthquake early-warning system, the Mexican group also paid attention to the utilization of the seismic alerts by the public. A comprehensive education program with drills was also implemented. The success of the SAS required support of the Mexican government and the cooperation of the public. Furthermore, Mexico City is favorably located with respect to earthquake sources so that there is sufficient time to react to earthquake warnings. Because the Mexico City system is the only earthquake early-warning system in operation that is issuing an alert to the public when a large earthquake is detected, we will devote a section on its societal experience later in this paper.

6.3 Earthquake Early-Warning Systems in Taiwan

A strong-motion instrumentation program in Taiwan (to install an equivalent of 1,000 three-component digital accelerographs) was begun in 1991 by the Central Weather Bureau (CWB). During the instrument acquisition, CWB was able to specify accelerographs capable of digital stream output so that they can be easily integrated into the existing telemetered seismic network.

In implementing the prototype earthquake early-warning systems in Taiwan (Lee, 1995; Lee et al., 1996; Teng et al., 1997, Wu et al., 1997), two approaches were explored. The first was to develop a dense telemetered accelerograph network (covering a very small area) with real-time data processing and communication, and the second was to expand the existing regional telemetered seismic network (covering the entire island) with modern accelerographs and real-time data processing and communication. In both cases, existing commercial hardware and the published IASPEI software (Lee, 1989; 1990) were used to minimize the development cost.

A prototype system was implemented in Hualien, Taiwan, to explore the use of modern technology for earthquake early-warning purposes. The prototype system consists of 12 remote three-component accelerometers telemetered digitally via 9600-baud telephone lines to the CWB Hualien Station. At the Hualien Station, the incoming digital signals are processed in real time and the results are telemetered to the CWB Headquarters in Taipei for control and display (Chung et al., 1995).

Another prototype system was implemented in Taiwan using the existing telecommunication facilities of the Taiwan Regional Telemetered Seismic Network (with 75 short-period, 3-component seismic stations) operated by CWB. This network uses only half of the bandwidth of 9600-baud telephone lines for telemetry. As first pointed out by T. L. Teng, the remaining half of the bandwidth of 9600-baud telephone lines can be utilized to telemeter data to CWB Headquarters without any increase in operational costs. With the availability of digital accelerographs capable of digital data stream output and the IASPEI real-time seismic monitoring hardware and software, CWB implemented a real-time, regional, telemetered strong-motion network for rapid response in Taiwan with very little additional capital and operational costs. A technical description of this system and its performance may be found in Shin et al. (1996), Teng et al. (1997), and Wu et al., (1997).

The main purpose for these two prototype systems in Taiwan is for research and development of methods and techniques for earthquake early warning. The results are not intended for immediate public release. The Taiwan Central Weather Bureau realized that without a strong program for educating the public on earthquake warning response, they are not yet ready to release earthquake warning messages to the public.

6.4 Other Systems

In addition to the systems described above, there are several other rapid response systems with potential earthquake early-warning capability. We will just mention a few examples. A rapid response system is operating in Australia (Gibson et al., 1996). Since 1980's, the U. S. Geological Survey (USGS) in Menlo Park has an earthquake rapid response system for in house use. In recent years, the California Institute of Technology (Caltech) and the USGS have a "CUBE" (Caltech/USGS Broadcast of Earthquakes) system in operation in southern California (Kanamon et al., 1991). The University of California at Berkeley in collaboration with the USGS has a "REDI" (Rapid Earthquake Data Integration) system in operation in northern California (Gee et al., 1996; 1997). Since 1994, CUBE and REDI have collaborated to broadcast earthquake information for all of California (Kanamon et al., 1997).

More significantly, a multi-purpose system is being developed in southern California by Caltech, USGS and the California Division of Mines and Geology (Heaton et al., 1996; Mori et al., 1998). It is called the "TriNet" project and has the following objectives:

- To provide ground shaking data within minutes of a damaging earthquake so that the effectiveness of emergency response can be enhanced.
- To record ground motion data for research and for improving building codes.
- To develop a prototype earthquake early-warning system

7. SOCIETAL EXPERIENCE OF THE PUBLIC SEISMIC ALERT SYSTEM IN MEXICO CITY

We will now turn to the Mexico City experience with a public earthquake early-warning system in operation for some years. The effectiveness of a public earthquake early-warning system demands both the ability to provide alert and to have an adequate population response. The issuing of the seismic alert is only one element in the process. The preparedness of city residents to respond is fundamental. Drills and education are very important to achieve the proper response to the earthquake alert signal. The magnitude 8.1 Michoacan earthquake of September 19, 1985 killed about 10,000 people and injured 30,000 in Mexico City. The heavy loss of lives was due in part to the soil conditions and structural characteristics of buildings, but also to lack of preparedness for rapid response in case of big earthquakes (Esteva, 1998).

The development and implementation of the Seismic Alert System (SAS) has been sponsored by the Mexico City Government Authorities since 1989. The SAS

began operation in August 1991 with only a few users. By the end of 1992, SAS was providing the early earthquake warning to some public elementary schools on an experimental basis. It was opened as a public service using the commercial radio stations in August 1993, after the successful SAS alert that gave early warning signals between 65 to 73 sec. in advance of ground shaking during two Guerrero earthquakes, (magnitude 5.8 and 6), on May 14, 1993 (Espinosa-Aranda et al., 1995). This administrative decision opened the challenge of how to prepare and educate a population of 20 million people in Mexico City.

The planning for the dissemination and education program of the early warning signal was conducted taking into account the opinions of public and private organizations of emergency response, government officials, lifeline administrators, disaster researchers and the general public. Six public deliberations were carried out in 1992, (Fundacion Javier Barros Sierra, 1992) giving conclusions that were used to set up the education programs.

7.1 Disaster Prevention and Public Response Education Programs

The program for rapid response for public and private schools for children in Mexico City started after the September 1985 earthquakes. The Secretariat of Public Education proposed the practice of preventive actions and since 1992, response plans in the schools have been drawn up as part of the earthquake hazard reduction. Evacuation drills at schools are held monthly and in some cases with greater frequency. Officially, the education program for rapid response has become a part of the Mexico City public school program. Earthquake education and response readiness training is carried out in all public schools of Mexico City. The Secretariat of Public Education has instructed all Mexico City schools to listen to radio broadcast and to carry out the response procedures if the SAS generates a warning signal.

To reach the average Mexico City residents, the government of Mexico City developed and disseminated a brochure that explained the SAS to 2 million households at no charge. The brochure describes how the SAS works and gives instructions about how the residents should respond to an alert, as well as advice on preparedness activities, actions to take during an earthquake and after the shaking has ceased.

Additionally a radio spot has been transmitted repeatedly during the day by the radio stations. The announcement begins with the tone of the seismic alert and then continues giving some recommendations based on the instructions brochure. Also some additional literature has been published explaining the SAS basics, what magnitudes of earthquakes can be detected and which seismic zone is instrumented.

Despite these efforts to educate the average citizen, there has been lack of continuity in the dissemination of brochures and transmission of radio spots. The delivery of brochures was carried out only once, and radio spots were issued for only 11 months, starting in June 1993. Additionally, earthquake drills for the average city resident have not been carried out frequently. Systematic actions like training, field testing responses in advance of emergencies, updating plans and evaluating activities to enable timely response have been left to a few local community emergency response organizations. However, in January 1996, an Emergencies Act was approved by the Congress of Mexico City. Chapter II of this Act promotes the organization and training of civil response groups by the neighborhood associations.

7.2 September 14, 1995 Earthquake: Mexico City SAS Public Response

At 8:04 a.m. on Thursday September 14, 1995, a magnitude 7.3 earthquake occurred in Copala, Guerrero, Mexico, approximately 150 km east of Acapulco and 300 km South of Mexico City. There was considerable damage in coastal towns near the epicenter, although there was no major damage or casualties in Mexico City. This earthquake was felt strongly in Mexico City, amplitudes of ground motion were about 20% of those from the September 19, 1985 Earthquake (Anderson, et al. 1995), with a maximum acceleration of about 73 gal recorded in Tlahuac.

This earthquake was quite significant, because SAS early warning was activated and the majority of AM-FM commercial radio stations in Mexico City broadcasted the alert signal to the public, 72 seconds prior to the arrival of the strong ground shaking as shown in Figure 3.

The earthquake occurred during the peak hour on a working day, at a time many people were already at or were going to their normal place of employment. Normally the METRO and public transportation is crowded. Standard hours for people to arrive at their jobs is at 8:00 or 9:00 a.m. All secondary schools and universities had already started classes at 7:00 a.m. Elementary schools start at 8:00 a.m.

During the September 14, 1995 Copala earthquake, there were 98 SAS user's radio receivers distributed in Mexico City. They are classified in ten categories depending on the estimated number and type of people covered. Eighty six SAS radio receivers were activated and 12 SAS radios receivers did not work because they were not installed at that time by the users: two in the radio stations, seven in government agencies and three in emergency response centers. The following report on public response was elaborated by means of a survey carried out by

telephone with the users in charge of the SAS receivers to evaluate the benefits of the early warning issued. These results are summarized in Table I.

Public Schools. Since 1992, the Public Education Department has been a participant in the SAS education program. The public education system includes nurseries, kindergartens, schools for handicapped, elementary and secondary schools, technical institutes and universities. The total number of public school installations in the Mexico City area is 5,943 with 2,033,000 students

At the time of the Copala earthquake, only 26 public schools were equipped with SAS radio receivers. These 26 schools covered directly, represent 14,200 children in 4 kindergartens, 16 elementary schools and 6 secondary schools. However, since the maintenance personnel in almost all Mexico City schools with no SAS receivers had been instructed by the Secretariat of Public Education authorities to monitor the radio stations and to trigger the alarm manually, the estimated number of children warned in the schools of Mexico City was 1,970,000.

The children in secondary schools were already in the classroom and the ensuing evacuations, according to education officials, were orderly and well coordinated. Most of the children in elementary schools were entering or about to enter the classroom, so they remained in the pre-designated safe places

Private Schools. Only two private schools have the SAS receivers. The response at private schools without the SAS receivers is generally unknown. However, a comparative research about the response to the seismic alert was conducted on two private schools in Mexico City (Arjonilla, 1998), one with the SAS receiver and the other without it. The children with the SAS receiver were less stressed during and after the earthquake than the children without it and could get back to classes almost immediately.

AM-FM Radio Stations. Twenty four radio receivers with special audio controls were installed in commercial AM/FM radio stations in Mexico City, before September 1995, to switch over the standard audio program from the radio stations to a 60 sec. prerecorded message for seismic alert. This message consists of a clearly identifiable special tone and the statement "alerta sismica, alerta sismica" (in English "seismic alert, seismic alert"). This statement is automatically broadcast without the intervention of human operators. The warning message does not contain any technical information, specific guidance for protective actions, description of potential dangers or severity of the earthquake. According to the Institute of the Mexican Radio, the estimated number of listeners in the morning between 6:00 to 10:00 a.m. is 10% of the population of Mexico City area, or about 2,000,000 people. It is expected that when a person hears an early warning, he or she can communicate the emergency to another person.

Although a large number of people presumably received the SAS alert, there have been no formal evaluation of its effectiveness. There are anecdotal reports of

people who were listening to the radio, heard the warning, and took some action, but there are no studies or data about the people response in general

Subway METRO. Upon receipt of a seismic alert, the Mexico City METRO commands trains to travel at reduced speed and stop at the next station, where they open the doors. However, neither the people in the trains or at the stations were informed of the seismic alert. The estimation of people traveling in the subway was about 400,000 during the peak hours

Housing Complex El Rosario. El Rosario is a densely populated public housing project inhabited by 200,000 people. The area is characterized by low-rise, multi-unit apartment buildings constructed between 1960 and 1970 and surrounded by open areas and recreational facilities. El Rosario has a public audio warning system connected to the SAS. At this location, a system of high power loud-speakers is installed in a tower.

The audio seismic alert broadcasted to an estimated audience of 10,000 people in the El Rosario housing complex. The audio system functioned without problem at 8.04 on September 14, providing community residents time to evacuate their apartments. Residents indicated that they were frightened when the signal sounded but responded by turning off gas and lights and evacuating their buildings according to established procedures, with the assistance of residents assigned to direct people to pre-designated evacuation routes and outdoor assembly locations. There were no reports of panic behavior such as running, shoving, or other actions associated with extreme fear and flight reactions.

The next three categories appears as "Other" in Table 1.

Emergency Response Centers. The most important centers were covered, among them the Civil Protection Agency, the Mexican Red Cross, the Central Agency for Disaster Prevention, the Police Department of Mexico, and the Central Command of the Mexican Army. A total of 13 SAS radio receivers were installed. It is estimated that 2,400 people were warned in these sites during the Copala earthquake. The emergency response centers of Civil Disaster Management office, Public Works Department and emergency services alerted their personnel. The police also were alerted and started a general inspection in the city to locate damages.

Government Agencies and Public Buildings. People who received the seismic alert signal in these sites are white collar employees with some training in evacuation procedures. The estimate of people warned is 3,900 during the Copala earthquake.

Universities and CIRES Technical Personnel. Six hundred undergraduate students in the campus heard the audio warning signals sent by the SAS during the

September 14 1995, Copala earthquake. CIRES personnel were warned in their homes by 6 radio receivers (which are used for continuous monitoring of the performance of the SAS system).

7.3 Mexico City SAS Technical Incidents

During the SAS public operation service after August 1993, the early warning system had three problems. The first incident was a missed alarm during the October 24, 1993 magnitude 6.7 earthquake. The second was a false alarm broadcast to the public on November 16, 1993 at 19:20 local time. The third incident was a magnitude 4.6 earthquake that struck in the Guerrero and Oaxaca coast on May 31, 1995 at 6:49:47 local time. A restricted early warning to schools was issued by SAS, but because a school-type SAS receiver had been installed by mistake in one radio station, the chief reporter announced on the air that a big earthquake was about to strike Mexico City. These incidents caused some panic and anger, but no person was hurt or injured because of the false or missed alarm.

There are several factors that determine the reliability to issue the early warning signal of SAS. The most significant are the reliability of the equipment and the reliability of the method of magnitude determination. An initial attempt to calculate the reliability of the equipment was made using the data from the operation results of the system from September 1991 to July 1993. In this analysis the statistics of failures observed in both hardware and software subsystems, the information about what components or subsystems are most failure prone, the sources of failures, schedule in maintenance, availability and mean time between failures were evaluated to determine the reliability of the equipment. This estimate was $R=0.9764$ (Jimenez et al., 1993), and did not include the radio receivers of users that receive the early warning signal. When extended until May 1998, the reliability analysis was $R=0.9950$. The reliability enhancement was due mainly to the completion of the redundant communication path between Guerrero and Mexico City. Also the reliability of the method of magnitude determination was evaluated by the Centro de Investigacion Sismica (CIS) de la Fundacion Javier Barros Sierra, with an initial result of $R=0.89$ detecting and estimating earthquakes of greater than 6.

The public education, training and drills have permitted an adequate response from part of the public in Mexico City. The best response was from the public schools with a population of children with ages 5 to 15, which have the highest level of training and experience. But this good response of children depends on the continuous application of education programs for earthquake hazard reduction.

Today not all the guidelines and recommendations of the public deliberations for the SAS application (Fundacion Javier Barros Sierra, 1992) have been carried out or been continuously applied. For example, the problem of educating the average Mexico City resident still remains. Although the 1996 new law for civil protection

promotes more civil response groups and emergency preparedness, there is only a limited budget to promote these actions, so the problem still remains. The limited deployment of radio receivers in schools, public buildings and industry, at present has not generated controversy. As further deployment of the system proceeds, the system will be more complex and difficult to maintain with a limited budget. There will be greater social and economic consequences as critical processes and functions are unnecessarily curtailed or disrupted in a false alert or malfunction

Contrary to speculations, when a SAS false alarm was issued on November 16 1993, to an estimated radio audience of 2,000,000 people, during rush hour in a city of 20 million people, common sense prevailed. Before that, an argument used against disseminating the seismic alert to the public was that many people could die or get badly injured because of panic. Although some people were already trained for disaster situations when the false alarm was triggered, the majority of the public was not, and nobody was killed or injured. This November 16, 1993 lesson, should be reviewed and publicly discussed, with the aim to promote drills for rapid response to the seismic alert broadcasted by the commercial radio stations. Until now no training for the general public has been performed to promote a proper response to a seismic alert issued by radio.

7.4 Remarks

Although the early warning for the Copala earthquake was successful, the problem of a warning in a scenario with an earthquake striking at night still remains. With the majority of people sleeping and the radios turned off there is no chance of taking the 60 second advantage. To solve this problem a project has been proposed to the government to implement an all hazards radio network that will operate in the public service band between 162.400 and 162.550 megahertz (MHz) which could be used to transmit earthquake early warning signals. A low cost alert radio receiver tuned to these frequencies has been developed and successfully tested. The audio of this device can be activated even if it is turned off. The cost of this radio receiver is about 40 to 80 US dollars and it could be used to receive other emergency information, besides a seismic alert. Unfortunately no dedicated frequencies have actually been allocated for emergency broadcast purposes

The issue about the usefulness of a public earthquake early-warning system has been answered in part by the September 14, 1995 earthquake. Major earthquakes which are likely to cause damage in Mexico City are from the Guerrero coast, and there is sufficient time for an earthquake warning. The SAS is a low cost project, but has a high benefit return for residents of Mexico City. The number of people reached by the early warning in this seismic event was about 4 million persons, with almost 2 million of children responding adequately. From 1991 to 1997 the SAS project had a cost of \$1.2 million US dollars for development and installation and \$400,000 per year for operation and maintenance.

Although establishing a warning effectiveness factor or measure is somewhat ambiguous, the experience of the September 14, 1995 earthquake demonstrated that the combination of adequate public education, training, drills and a properly issued warning, can reduce social damages in case of a major Guerrero earthquake. The education programs improved the capacity to respond to earthquakes. Residents of seismically vulnerable regions can be expected to respond to a brief warning in a controlled, rational and adaptive manner as was demonstrated by the performance of students in the Mexico City public schools. Timely warnings which are heeded save lives.

8. FUTURE PERSPECTIVES

For a city that is favorably located with respect to potential earthquake source regions, a practical system for earthquake early warning can be implemented at a modest cost of a few million U.S. dollars. Recent results from the Seismic Alert System in Mexico City are very encouraging. It is interesting to note that the development of earthquake early-warning systems was first carried out outside the "mainstream" of earthquake research program of Japan and Mexico. Fortunately, the need of rapid earthquake information for earthquake response and recovery is well documented (Goltz, 1996; Eguchi, et al., 1997). In addition, Kanamori et al. (1997) have presented scientific and societal reasons for developing real-time seismology for earthquake hazard mitigation, including earthquake warning capability.

So far, only the Mexican SAS issues earthquake warning directly to the public. Because of different political, legal, and economic systems in different countries, it may be difficult to apply the Mexican experience to other countries. A false warning can cause large economic loss and legal battles in countries like the United States.

There are a few hundred regional and local seismic networks in operation around the world. With recent advances in real-time seismic monitoring, upgrading these seismic networks for rapid earthquake notification is a goal that can be achieved with a relatively small cost, as shown in the Taiwan case. Many seismic networks have already recognized this potential and are working hard to achieve this goal. For example, Teng et al. (1997) showed that shake map, effective epicenter and effective magnitude could be achieved within about one minute for an upgraded telemetered seismic network in Taiwan. The TriNet project (Mori et al., 1998) is making major improvements for southern California earthquake monitoring. We believe that most existing seismic networks can be upgraded to provide useful information (such as a shake map) within minutes after a strong earthquake occurred. However, to use this information effectively (especially as earthquake early-warning messages) requires collaboration of seismologists, earthquake

engineers, and emergency response managers, and education of the public. Implementing an earthquake early-warning or rapid information system is very desirable for many urban areas of the world that are threaten by earthquakes, because it stimulates the public to consider the critical issues involved in earthquake hazards mitigation, including education, planning, and response.

Acknowledgements

We thank Daniel Ruiz, Head of the Public Works Department of Mexico City, Secretaria General de Obras del Gobierno del Distrito Federal, who sponsored the development and implementation of the Seismic Alert System, since the beginning of the project in 1990 to November of 1997, also to Cesar Buenrostro the new Head of the Public Works Department, who accepted the challenge to continue promoting and sponsoring the SAS use. The invaluable collaboration of the National Ministry of Public Education Secretaria de Educacion Publica who started the experimental use of the SAS radio receivers since 1992 in many schools of Mexico City. We are grateful to Drs. Bill Bakun, Peter Bormann, Mehmet Celebi, Doug Dodge, and Bill Ellsworth for reviewing the manuscripts and suggested many improvements.

REFERENCES

- Arjonilla E (1998). Evaluacion de la alerta sismica para la Ciudad de Mexico desde una perspectiva sociologica. Resultados en poblaciones escolares con y sin alerta. Proc. International IDNDR Conference, Chile.
- Bakun WH, Fischer FG, Jensen EG and VanSchaack J (1994). Early warning system for aftershocks. Bull. Seism. Soc. Am., vol 84, p 359-365.
- Chung JK, Lee WHK and Shin TC (1995) A prototype earthquake warning system in Taiwan: operation and results IUGG XXI General Assembly, Abstracts Week A, p 406.
- Cooper JD (1868). Letter to Editor. San Francisco Daily Evening Bulletin, Nov. 3, 1868 (as quoted in Nakamura and Tucker, 1988).
- Eguchi RT, Goltz JD, Seligson HA, Flores PJ, Blais NC, Heaton TH and Bortugno E (1997). Real-time loss estimation as an emergency response decision support system: the early post-earthquake damage assessment tool (EPEDAT). Earthq. Spectra, vol 13, p 815-832.

Espinosa-Aranda JM, Jimenez A, Ibarrola G, Alcantar F, Aguilar A, Inostroza M and Maldonado S (1995). Mexico City Seismic Alert System. *Seism Res Lett*, vol 66(6), p 42-53.

Espinosa-Aranda JM, Jimenez A, Ibarrola G, Alcantar F, Aguilar A, Inostroza M and Maldonado S (1996). Results of the Mexico City early warning system. *Proc. 11th World Conf. Earthq. Eng.*, Paper No. 2132.

Esteva L. (1988). The Mexico Earthquake of September 19, 1985 Consequences, Lessons and Impact on Research and Practice. *Earthquake Spectra*, vol. 4 (No. 3), p. 413-426.

Evans R (1997). Assessment of schemes for earthquake prediction: editor's introduction. *Geophys. J. Int.*, vol 131, p 413-420.

Fundacion Javier Barros Sierra. (1992). Aprovechamiento de la Alerta Sismica. File report on Public deliberations carried out in fall, 1992.

Gee LS, Neuhauser DS, Dreger DS, Pasyanos ME, Uhrhammer RA, and Romanowicz B (1996). Real-time seismology at UC Berkeley: the rapid earthquake data integration project. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol 86, p 936-945

Gee LS, Neuhauser DS, Uhrhammer RA, Fulton S, and Romanowicz B (1997). Getting REDI for early warning (Abstract). *EOS*, vol 78, p F45

Geller RJ (1997). Earthquake prediction: a critical review. *Geophys. J. Int.*, vol 131, p 425-450.

Gibson G, Peck W and McPherson G (1996). An earthquake rapid response system operating in southeast Australia. *Proc. 11th World Conf. Earthq. Eng.*, Paper No. 2135.

Goltz JD (1996). Use of loss estimates by government agencies in the Northridge earthquake for response and recovery. *Earthq. Spectra*, vol 12, p 441-455.

Heaton TH (1985). A model for a seismic computerized alert network. *Science*, vol 228, p 987-990.

Heaton TH, Clayton R, Davis J, Hauksson E, Jones L, Kanamori H, Mori J, Porcella R and Shakal T (1996). The TriNet Project. *Proc. 11th World Conf. Earthq. Eng.*, Paper No. 2136.

Instituto Geografico Militar de Chile (1998). International IDNDR Conference on "Modern Preparation and Response systems for Earthquake, Tsunami and Volcanic Hazards", 27-30 April, 1998, Santiago, Chile, 323 pp.

- Jimenez A., Espinosa J.M., Alcantar F., Garcia. J., (1993). Analisis de confiabilidad del Sistema de Alerta Sismica X Congreso Nacional de Ingenieria Sismica, Puerto Vallarta, Jal. Mexico, p 629-634.
- Kanamori H, Hauksson E, and Heaton T (1991). TERRAScope and CUBE project at Caltech. EOS, vol 72, p 564.
- Kanamori H, Hauksson E, and Heaton T (1997). Real-time seismology and earthquake hazard mitigation Nature, vol 390, p 461-464.
- Kerr RA (1991). A job well done at Pinatubo volcano Science, vol 253, p 514.
- Knopoff L (1996). Earthquake prediction: the scientific challenge. Proc Nat. Acad. Sci. USA, vol 93, p 3719-3720.
- Lee WHK (Editor) (1989). "Toolbox for Seismic Data Acquisition, Processing, and Analysis". IASPEI Software Library Volume 1, Seismological Society of America, El Cerrito, CA. 283 pp; Second Edition, 1994.
- Lee WHK (Editor) (1990). "Toolbox for Plotting and Displaying Seismic and Other Data". IASPEI Software Library, Volume 2, Seismological Society of America, El Cerrito, CA. 207 pp, Second Edition, 1994.
- Lee WHK. (1995). A project implementation plan for an advanced earthquake monitoring system. Research Report of the Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C., No. 448, 411 pp.
- Lee WHK and Shin TC (Conveners) (1995) Earthquake warning systems: progress and results. Abstracts Week A, IUGG XXI General Assembly, Boulder, CO, July 2-14, 1995, A406-A407.
- Lee WHK and Stewart SW (1981). "Principles and Applications of Microearthquake Networks". Academic Press, New York, 293 pp.
- Lee WHK and Espinosa-Aranda JM (Conveners) (1996). Early warning and rapid response. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, June 23-28, 1996, p 1437-1443.
- Lee WHK, Shin TC and Teng TL (1996). Design and implementation of earthquake early warning systems in Taiwan. Proc. 11th World Conf. Earthq. Eng., Paper No. 2133.
- Lee WHK, Espinosa-Aranda JM, and Scordilis E (Conveners) (1997). Earthquake early warning systems. Abstracts, the 29th General Assembly of the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior, August 18-28, 1997, Thessaloniki, Greece, p 267-269.

Mori J, Kanamori H, Davis J, Hauksson E, Clayton R, Heaton T, Jones L, Shukal A, and Porcella R (1998). Major improvements in progress for southern California earthquake monitoring. EOS, vol 79, p 217-221.

Nakamura Y (1988). On the urgent earthquake detection and alarm system (UrEDAS). Proc. Ninth World Conf. Earthq. Eng., vol 7, p 673-678.

Nakamura Y (1996a). Real-time information system for hazards mitigation Proc. 11th World Conf. Earthq. Eng., Paper No. 2134.

Nakamura, Y. (1996b). Real-time information system for hazards mitigation UrEDAS, HERAS and PIC. Quart. Rept of Railway Tech. Res. Inst., Japan, vol 37, p 112-127.

Nakamura Y and Tucker BE (1988). Japan's earthquake warning system should it be imported to California? Calif. Geology, vol 41 (2), p 33-40.

Newhall CG and Punongbayan RS (1996). "Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo, Philippines". University of Washington Press, Seattle, WA. 1126 pp.

Nishenko, S (1998). Natural hazard loss estimation methodologies. an abstract in Instituto Geografico Militar de Chile (1998), p. 175.

Shin TC, Tsai YB, and Wu YM (1996). Rapid response of large earthquake in Taiwan using a realtime telemetered network of digital accelerographs Proc 11th World Conf. Earthq. Eng., Paper No. 2137.

Stewart SW, Lee WHK, and Eaton JP (1971). Location and real-time detection of microearthquakes along the San Andreas fault system in central California Bull Roy. Soc. New Zealand, vol 9, p 205-209.

Teng TL, Wu L, Shin TC, Tsai YB, and Lee WHK (1997). One minute after: strong motion map, effective epicenter, and effective magnitude. Bull. Seism. Soc. Am., vol 87, p 1209-1219.

U. S. National Research Council (1991). Real-Time Earthquake Monitoring Early Warning and Rapid Response. National Academy Press, Washington, D.C., 52 pp.

Ward P and Cluff L (Conveners) (1997). Hazard mitigation: use of real-time information, 1997 Fall Meeting of the American Geophysical Union, December 8-12, 1997, San Francisco, CA. EOS, vol 78, p F37-F39; F44-46.

Wu YM, Shin TC, Chen CC, Tsai YB, Lee WHK, and Teng TL (1997) Taiwan rapid earthquake information release system. Seism. Res. Letters, vol 68, p 931-943.

Table 1. Mexico, City Seismic Alert System performance in the September 14, 1995, M7.3 "Copala" Gro. earthquake.

USER ORGANIZATION	RECEIVERS ACTIVATED	PEOPLE WARNED	COMMENTS
<i>Public schools</i>	26	1,970,000	Children reached directly by 28 radio receivers, plus those informed by listeners alert operators
<i>AM/FM Radio stations</i>	22	2,000,000	People listening radio on peak hour
<i>Subway METRO</i>	2	400,000	People traveling on peak hour
<i>Housing complex el Rosaro</i>	1	10,000	Residents of housing complex
<i>Other</i>	35	9,000	Emergency response centers, Government agencies, Public buildings, Private schools, Universities and CIREC technical personnel
TOTAL	86	4,389,000	

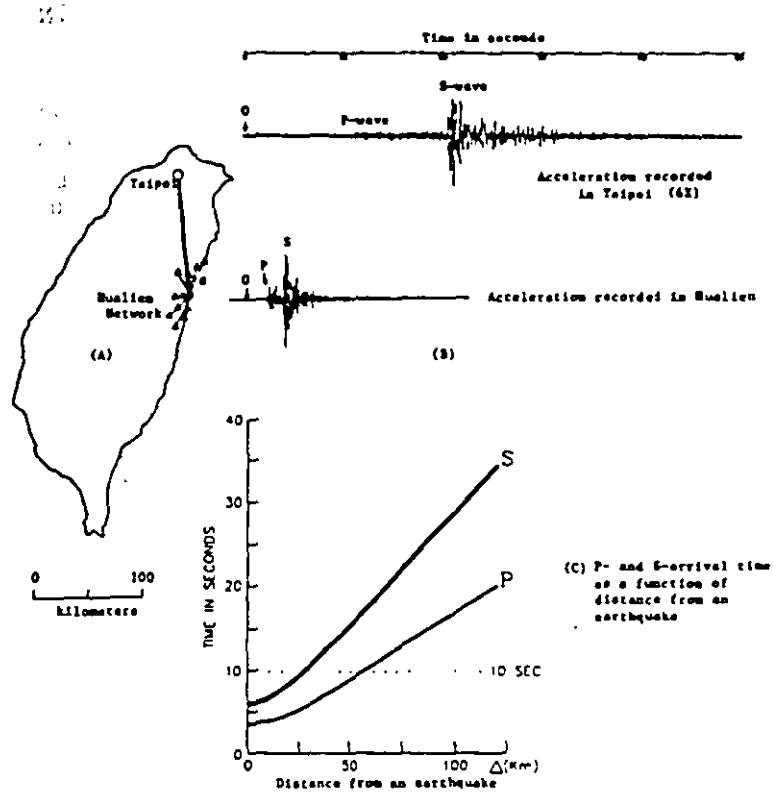


Figure 1. A prototype earthquake early warning system in Hualien, Taiwan.

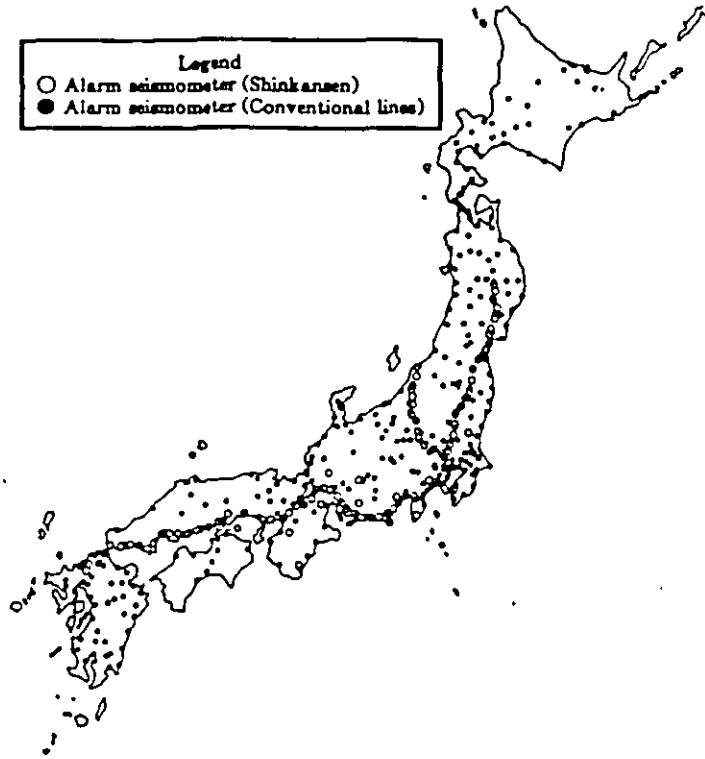


Figure 2. Distribution of Japan Railway's alarm seismometers (courtesy of Dr. Y. Nakamura).

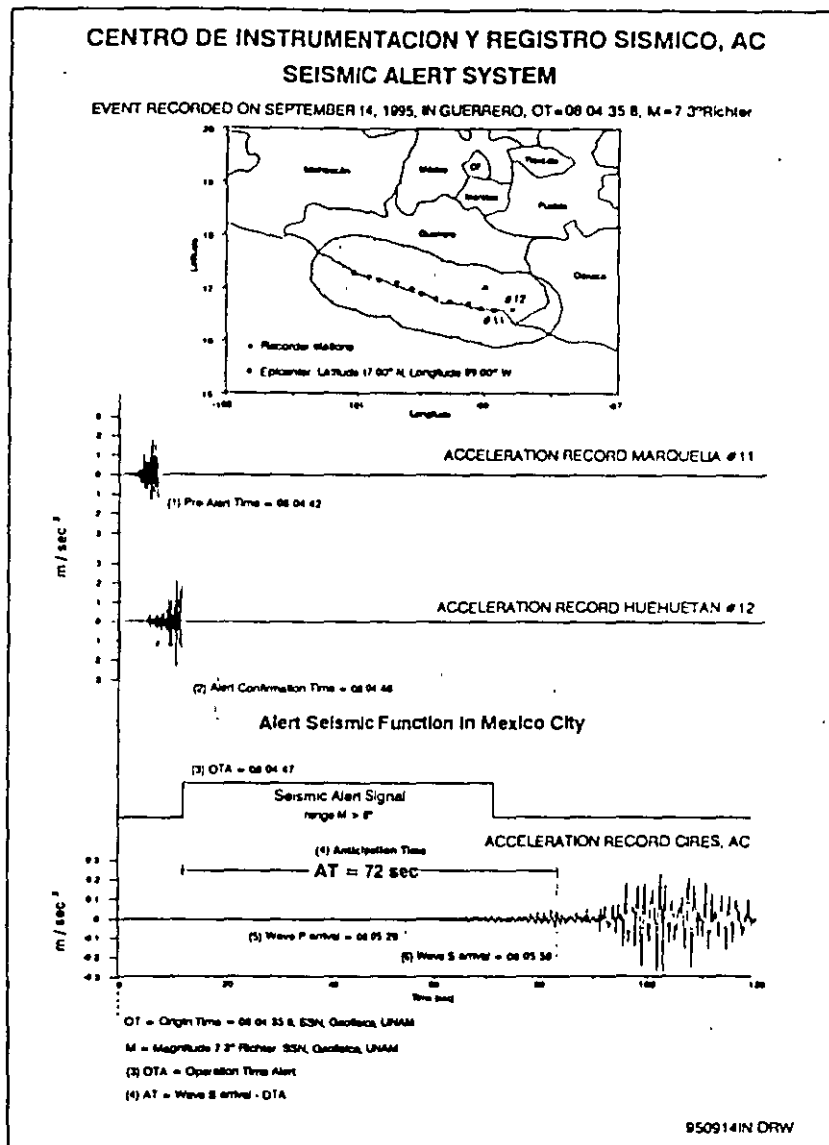


Figure 3. Time diagram of early warning advantage in Mexico City, September 14, 1985.

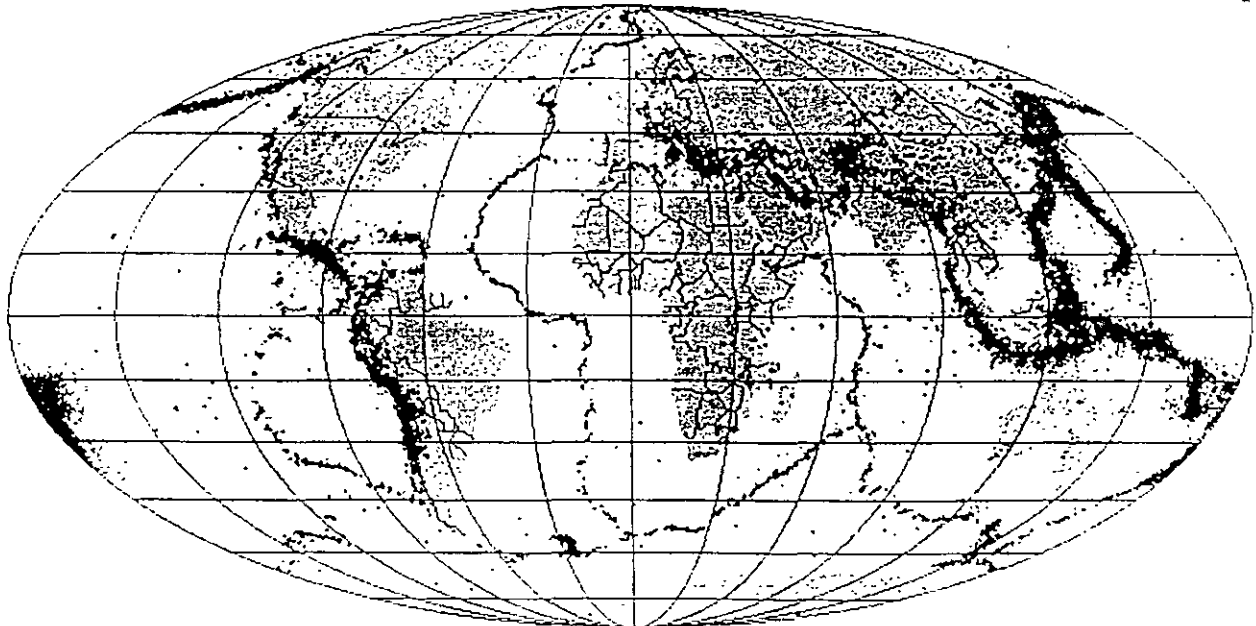
MITIGATING THE EFFECTS OF EARTHQUAKES: PROBLEMS, PROGRESS AND FUTURE TRENDS

Alan G. Green¹

Institute of Geophysics, ETH-Zurich,
Hönggerberg, CH-8093, Zurich, Switzerland
alan@aug.ig.erdw.ethz.ch

INTRODUCTION

Earthquakes are amongst the most damaging natural phenomena to affect the Earth. Since the beginning of this century, more than two million people have lost their lives as a direct or indirect consequence of violent shaking of the ground. Two of the three most costly natural disasters to strike our planet since 1980 were the Northridge (California) and Kobe (Japan) earthquakes. According to a report by Gerhard Berz [Munich Re], economic losses caused by these two events (Northridge: >\$30 billion; Kobe: >\$100 billion) far exceeded the total losses due all other major natural catastrophes during the same period (~\$102 billion; this updated estimate includes damage caused in Central America by Hurricane Mitch). Although these were only moderate magnitude earthquakes (Northridge: 6.8; Kobe: 6.9), they generated ground accelerations over large areas that approached or exceeded that of the Earth's gravitational field. These events were not the so-called "*Big Ones*", which will eventually strike California and Japan. The *Big Ones* are likely to have magnitudes >8, resulting in the release of thirty times more energy than either the Northridge or Kobe earthquakes. Based on the Northridge and Kobe experiences, losses due to the *Big One* in California is expected to exceed \$300 billion and those in Japan an astounding \$1000-2000 billion.



*FIG. 1 Earthquakes located during the period 1995-1998 by the
Prototype International Data Center (Arlington, Virginia)*

¹ President, International Lithosphere Program.
Chairman, Steering Committee of the Earthquakes and Megacities Initiative

Most of the world's earthquakes (>95%) are focused along the boundaries of tectonic plates (Fig. 1). Although it is certain that earthquakes will continue to shake these same narrow zones, we cannot predict exactly when an earthquake will happen and how much energy it will release. A relatively small number of earthquakes (<5%) occur within the plates themselves. Some intra-plate earthquakes are associated with active volcanoes overlying mantle plumes (e.g. Hawaii in the middle of the Pacific plate), whereas others are related to active rifting within the continents (e.g. East African Rift). There is also a class of intra-plate earthquake that we really do not understand. Outstanding examples are the huge earthquakes that struck Missouri and Southern Carolina (southeastern United States) during the last century.

In addition to damage caused by direct shaking of the ground during an earthquake, secondary effects such as fires (through the rupture of gas lines), landslides and tsunamis can be equally or more devastating than the earthquake itself. A major problem that invariably occurs, even in the best prepared countries and cities, is the destruction of critical communication and other lifeline systems. Roads and railways often become impassable (Fig. 2), telephone systems are either broken or choked by excessive use, electricity is interrupted so that television and radio stations cannot broadcast, and water systems, which are required for extinguishing fires, are broken.

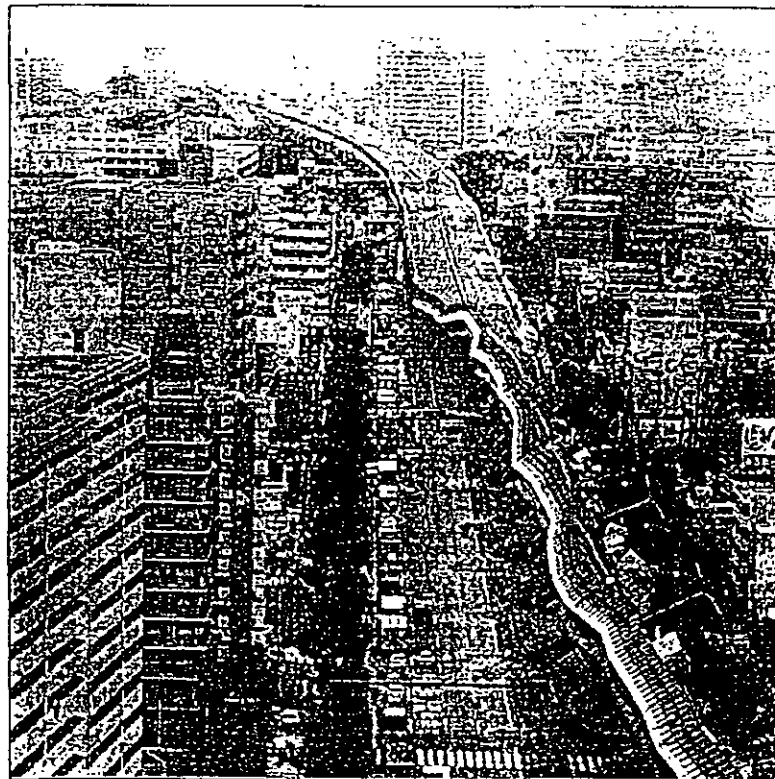


FIG. 2 Spectacular collapse of the Hanshin Expressway as a result of the 1995 Kobe earthquake (Kobe Geotechnical Collection, University of California, Berkeley)

CONSTRUCTION PRACTICES AND GROUND CONDITIONS MAKE A DIFFERENCE

Experience has demonstrated that the number of fatalities and amount of damage caused by an earthquake are not only related to its magnitude, depth and geographic coordinates, but also to the quality of the affected buildings and the nature of the ground on which they are constructed. Two comparisons illustrate well the difference that construction practices and ground conditions can make. In 1960, a magnitude 5.9 earthquake caused ~12,500 deaths in the Moroccan city of Agadir. These fatalities resulted from the collapse of primitively built stone and brick houses situated on loosely consolidated sediments. In contrast, a slightly larger earthquake of magnitude 6 within the crystalline crust of the Canadian Shield shook a large region of northeastern North America in 1988. No deaths resulted from this event. Typical houses in this region are woodframed with relatively light roofs.

In December 1988, a magnitude 6.9 earthquake devastated a large part of northwestern Armenia. Many poorly reinforced concrete buildings completely collapsed. As a consequence, more than 25,000 people lost their lives. Nearly one year later, an earthquake with magnitude 7.1 hit the Loma Prieta area of California. It caused much damage, but the extent and number of deaths were four hundred times lower than in Armenia. The key difference between the two earthquake zones was in the quality and type of buildings.

EARTHQUAKE PREDICTION

Although earthquake prediction continues to be a hot topic of discussion, the optimism in the 1970's and 1980's that reliable means to predict earthquakes would soon be available has turned out to be ill-founded. Only a very few of the millions of earthquakes recorded since 1970 have been predicted ahead of their occurrence. In the context of earthquake prediction, the following physical phenomena have been investigated (extracted from reports by Max Wyss [University of Alaska] and Robert Geller [Tokyo University]):

1. Changes in seismicity patterns

- foreshocks - increase of seismicity prior to a major earthquake
- seismic quiescence - decrease of seismicity prior to a major earthquake
- seismic gaps - inactive segments of seismically active faults
- increased moment release - increase release of seismic energy over a wide area prior to a more localized major event
- M8 algorithm - combination of statistical parameters based on observations of seismic quiescence and increased seismicity

2. Variations in groundwater level, chemistry and temperature

3. Crustal deformation

4. Temporal anomalies in the earth's electrical, electromagnetic, magnetic, gravity and/or thermal fields

5. Changes in seismic wave velocity

6. Extraordinary behavior of animals

7. Unusual atmospheric conditions (e.g. strange noises, bright lights in the sky).

Although precursory phenomena have been observed prior to a small number of earthquakes, none of the proposed prediction techniques appears to be generally applicable. Some geoscientists have suggested that earthquakes belong to a class of physical processes governed by "self-organized criticality" and are, therefore, not predictable on a short-term basis. There is an ongoing controversy regarding the wisdom of large expenditures directed towards earthquake prediction. Competing arguments can best be summarized by the following two sets of statements:

"Theoretical work suggests that faulting is a non-linear process which is highly sensitive to unmeasurably fine details of the state of the Earth in a large volume, not just in the immediate vicinity of the hypocentre. Any small earthquake thus has some probability of cascading into a large event. Reliable issuing of alarms of imminent large earthquakes appears to be effectively impossible." (Robert Geller, 1997).

which has been countered by:

"However, based on measurements of elastic strain accumulation and release before and during large earthquakes, most seismologists believe that after a maximum credible earthquake, the crustal volume in which it occurred is not capable of another until sufficient elastic strain energy has been accumulated again. This process typically takes in excess of 100 years. Thus, most seismologists believe that the random element in triggering large ruptures plays an important role, and that this impairs the capability of short-term [days to weeks] predictions, but that intermediate- and long-term predictions are not affected by this problem". (Max Wyss, 1998)

EARTHQUAKE FORECASTING: HAZARD AND RISK ASSESSMENT

Provided there are sufficient details on the history of seismicity and a thorough understanding of the prevailing tectonic regimes, the general level of seismicity to be expected across a broad area can be forecast for the next tens to hundreds of years. This information is provided in the form of local and regional hazard maps. Hazard is defined as the probability of a certain area being affected by a potentially destructive process within a given time. For example, a typical seismic hazard map shows the maximum level of ground motion that has a certain probability (e.g. 10%) of being exceeded within a defined period of time (e.g. 50 years). To improve the reliability of hazard maps, several high-profile global projects have been initiated over the past decade to:

- compile dependable earthquake statistics for most regions of the world.
- ascertain the current state of stress and strain rate.
- map the distribution of active faults throughout the continents.
- determine the timing and distribution of seismicity in the distant past through archeo- and paleoseismological investigations.
- estimate the expected level of ground shaking at various locations affected by large earthquakes via modeling studies based on detailed knowledge of the subsurface geology (Figs. 3 and 4).

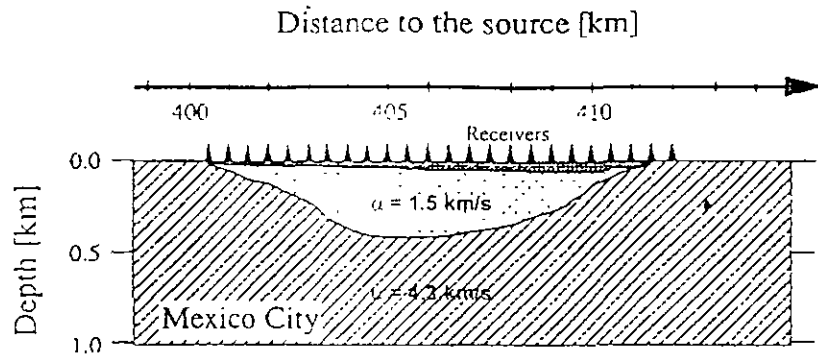


FIG. 3 Simple model of the sedimentary basin underlying Mexico City. Used for the computation of ground response due to an impinging earthquake wave (from Donat Fäh, Peter Suhadolc and Giuliano Panza).

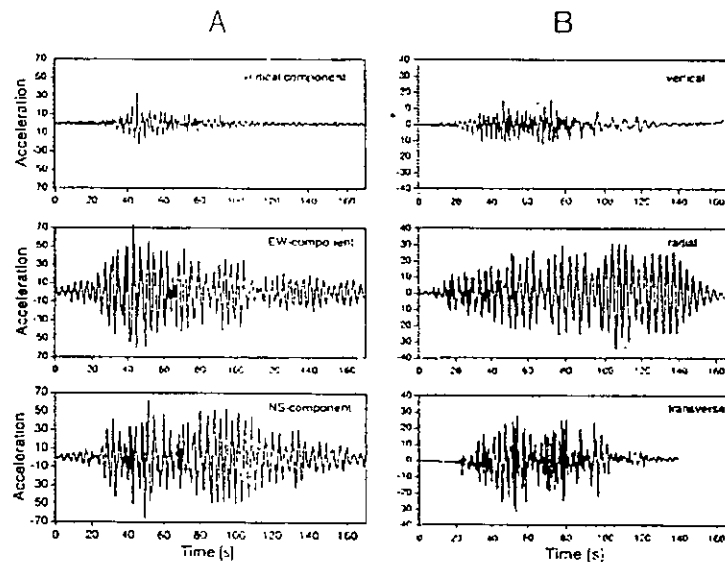


FIG. 4 For the 1985 magnitude 8 earthquake landward of the Central American Trench (see Fig. 5), comparison of (A) recorded ground motion within Mexico City with (B) that predicted from the simple sedimentary basin model of Fig. 3 (from Donat Fäh, Peter Suhadolc and Giuliano Panza).

One highly successful international project (Global Seismic Hazard Assessment Program [GSHAP]) has involved the computation of hazard maps for most regions of the world based on relatively uniform data bases, standard criteria and identical computational procedures. Through this project, nearly all countries now have regional seismic hazard maps, and estimates of seismic hazard are continuous across most international boundaries.

Once reliable seismic hazard maps are available, the next stage is to improve our understanding of the risk associated with earthquakes. Risk is a measure of the possibility of loss of lives, property, production capacity etc. within an area subjected to hazard. Risk is defined as the product of hazard, vulnerability and value. To estimate risk, in addition to having sufficient hazard information at hand, we need to perform for each region a vulnerability study and a standardized inventory of populations, buildings, lifelines, transportation systems and critical facilities.

EARLY-WARNING SYSTEMS

Although there is no general method for predicting earthquakes, there are a limited number of regions in the world where it is possible to warn urban managers and citizens of approaching seismic waves from relatively distant, but potentially damaging earthquakes. Early-warning systems comprise:

- one or more seismographs immediately above the active earthquake zone.
- computers that can estimate very quickly (in a few seconds) the magnitudes, occurrence times and locations of earthquakes from the seismographic records.
- very fast communication links between the seismographs, computer systems and urban centers.
- effective means to transmit information to critical facilities and the general public.

After the onset of a large earthquake, it may take several seconds to more than a minute for dangerous shear and surface waves to hit an exposed urban center. During this time, the earthquake parameters have to be reliably determined, the information distributed and the necessary precautionary actions implemented. In addition to enabling the public to take appropriate safety measures to protect themselves, early-warning systems may be used to trigger the cessation of oil and gas flow through pipelines, the re-routing of electricity, the safe shutdown of oil refineries and nuclear power plants, the slowdown of high-speed trains, and the saving of crucial information on computer discs.

Presently, early-warning systems of different sophistication and purpose are operational in three countries: Japan, Mexico and Taiwan. A fourth system is under development in Romania. Only the Mexican early-warning system is capable of issuing earthquake alerts to the general public. It was developed after a magnitude 8.1 earthquake devastated a broad area of Mexico City in 1985. This earthquake actually occurred 350 km from the city, within the Central American Subduction Zone (Fig. 5). Nevertheless, it resulted in 10,000 deaths within the city limits, 50,000 injuries, 250,000 homeless, and \$5 billion worth of damage. The 1985 earthquake was not an isolated event. Since the beginning of this century, 28 earthquakes with magnitudes greater than 7.7 have shaken this region (Fig. 5). Earthquakes along the Central American Subduction Zone generate high-amplitude shear and surface waves that may take more than one minute to reach Mexico City, thus allowing adequate time for warnings to be broadcast. According to a report by W.H.K. Lee and J.M. Espinosa-Aranda, this system has already been responsible for one successful earthquake alert. In September 1995, it broadcast information that gave a 72 s warning to the general public of high-amplitude seismic waves arriving from a magnitude 7.3 earthquake.

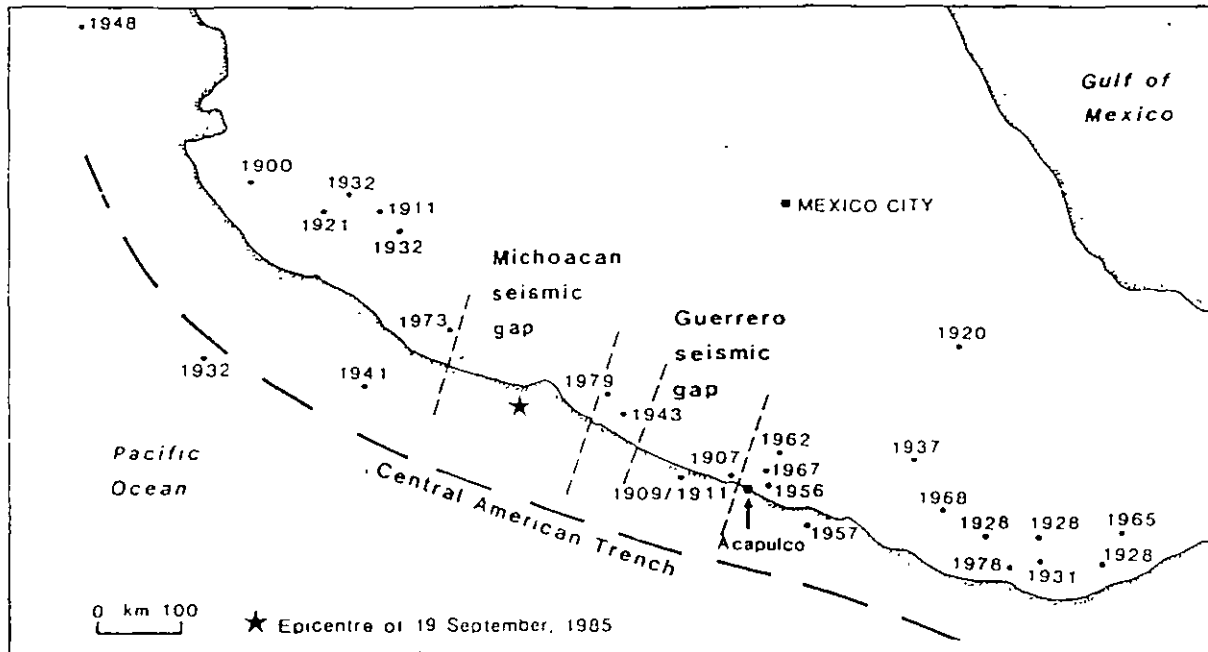


FIG. 5 Map showing Mexico City relative to seismicity of the Central American Subduction Zone. Locations of earthquakes with magnitudes > 7.7 are displayed (from M.R. Degg).

Even for those cities built directly above dangerous earthquake zones, rapidly available information on the level of ground shaking affecting each region during a major earthquake may be used to implement many of the safety measures and actions mentioned above. Furthermore, such information enables disaster relief officials to direct their efforts to locations where injured citizens are likely to require emergency aid and where critical facilities are likely to have been damaged. A key element in early-warning and early-damage assessment strategies is the availability of real-time systems that very quickly provide earthquake parameters and supply estimates of ground-motion throughout an affected area. The introduction of inexpensive, yet very fast electronic and computer-based technologies is allowing low-cost and evermore effective systems to be developed.

PROMOTING EARTHQUAKE MITIGATION AND PREPAREDNESS

Effective disaster management requires that strategies for mitigation and preparedness be in place before an earthquake occurs and that swift measures for the response, recovery and reconstruction be implemented subsequent to the event (Fig. 6). Immediately after a major earthquake, details of the catastrophe are likely to be newsworthy on a global scale. Typically, national and international relief agencies provide the necessary resources for rapid response and partial recovery, with emphasis on reducing the death toll, minimizing human suffering, restoring crucial lifelines and rejuvenating commercial activities. Funds for the reconstruction phase are generally much more difficult to generate, and in only a few countries are appropriate mitigation and preparedness strategies in place. Yet, it has been estimated that for every dollar spent on the protection side of the disaster mitigation cycle (Fig. 6), ten dollars are saved on the recovery side; efficient earthquake mitigation and preparedness strategies make economic sense.

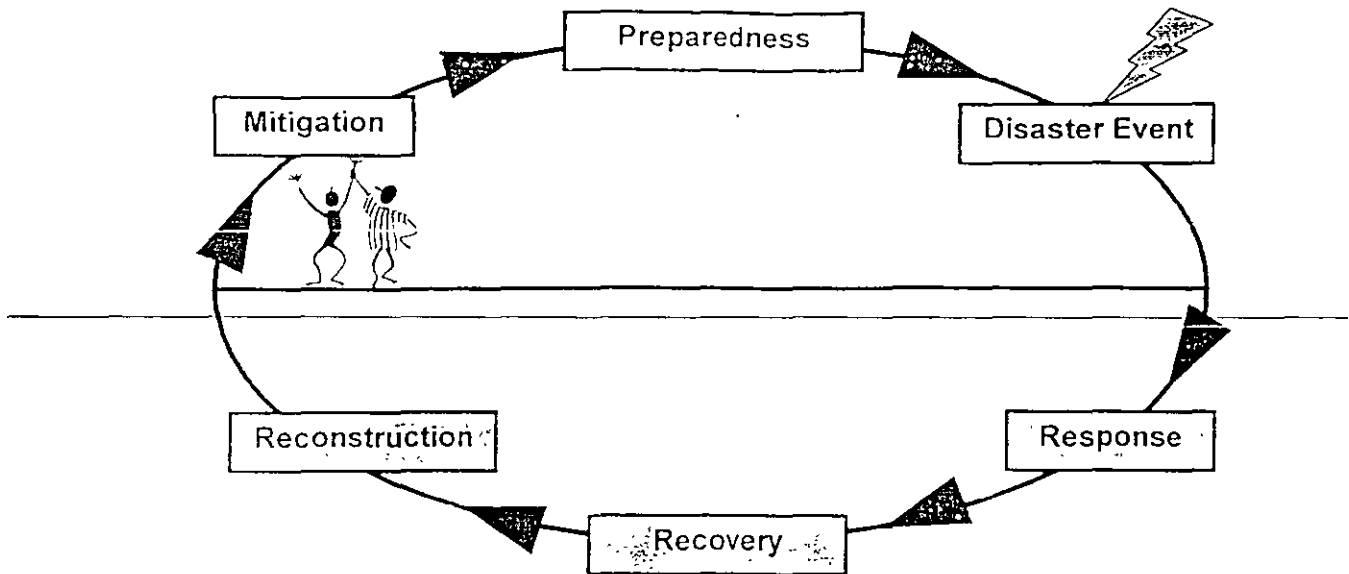


FIG. 6 Cycle of disaster management (from a report by the Institution of Civil Engineers, London, U.K.)

A common mission of several projects contributing to the International Decade of Natural Disaster Reduction (IDNDR) is to increase markedly the resources directed towards earthquake mitigation and preparedness. Here, three international projects shall be mentioned briefly (WSSI, GHI, RADIUS) and a fourth (EMI) reviewed in a little more detail.

One of the first projects to become truly operational as a result of IDNDR was the World Seismic Safety Initiative (WSSI), which was initiated in 1992 by the International Association for Earthquake Engineering. Goals of WSSI are to

- disseminate state-of-the-art earthquake engineering information.
- incorporate experience and research findings into recommended practices and codes.
- advance engineering knowledge through problem-focused research.
- encourage governments and financial institutions to establish policies directed towards understanding and preparing for future earthquakes.

Countries in which WSSI has been particularly active include Bangladesh, Burma, Malaysia, Nepal, Singapore, Sri Lanka, Uganda and Vietnam.

GeoHazards International (GHI) was established in 1993 as a non-profit organization dedicated to reducing earthquake-related death and injury in developing countries. Until quite recently, GHI concentrated on two high-profile endeavors of development and training, one in Quito (Ecuador) and one in Kathmandu (Nepal). Over the past two years, GHI has also been a major contributor to the IDNDR project "Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban Areas against Seismic Disaster (RADIUS)". Principal objectives of the RADIUS project are to raise the awareness of earthquake risk amongst decision makers and the general public and to provide them with appropriate earthquake mitigation technologies. Specific components of RADIUS include the development of:

- seismic damage scenarios for several cities.
- a practical manual for seismic damage assessment in urban areas,
- guidelines for simple assessment of seismic safety of buildings and for practical retrofitting.

Cities chosen for full-case study by **RADIUS** are Addis Ababa (Ethiopia), Guayaquil (Ecuador), Tashkent (Uzbekistan), Tijuana (Mexico) and Zigong (China). Also under investigation are the cities of Antofagasta (Chile), Bandung (Indonesia), Izmir (Turkey) and Skopje (TFYR Macedonia).

Earthquake and Megacities Initiative (EMI)

The Earthquakes and Megacities Initiative (EMI) is an international scientific non-governmental organization dedicated to the acceleration of earthquake mitigation, preparedness and recovery of large urban centers, with emphasis on developing countries. EMI has many goals in common with other IDNDR-oriented projects. One difference is its concentration on problems associated with very large cities. Growth in world population and urbanization is truly alarming. By the year 2000 it is expected that 450 cities with populations greater 1 million inhabitants will crowd our planet. Of these, 50 cities with populations >3.5 million and 25 with populations >8 million will compete for limited space and resources (Fig. 7). More than half of these cities will be located in the developing world, of which 50% will be situated in major earthquake zones (compare Figs. 1 and 7).

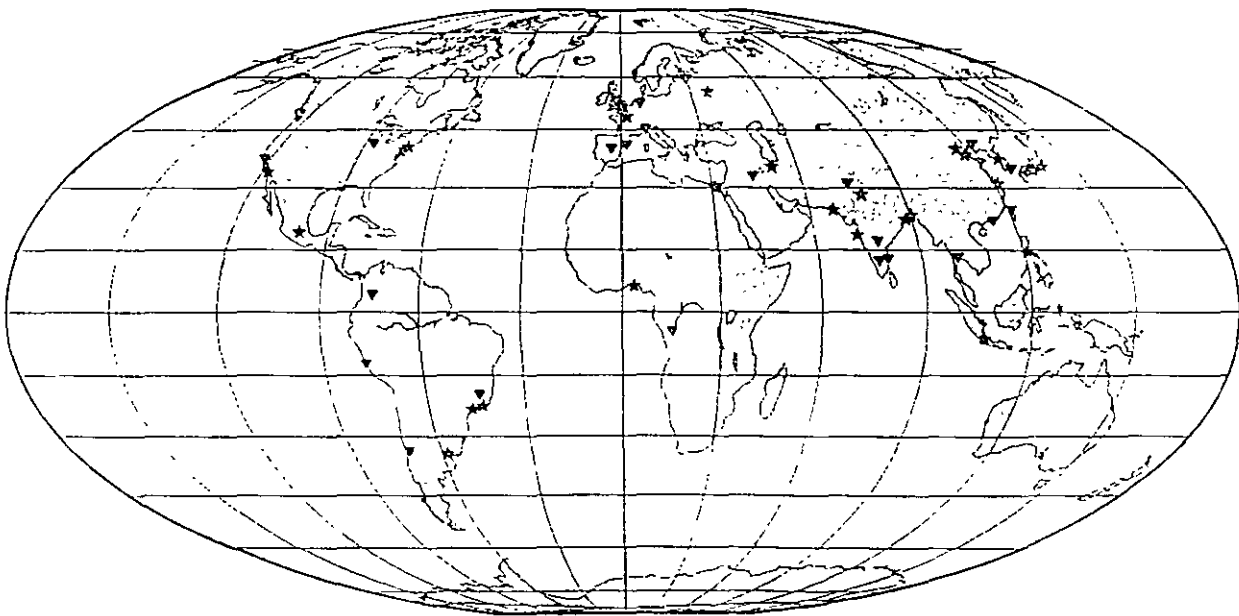


FIG. 7 Map showing the locations of large urban centers:

- ★ - megacities with populations > 8 million,
- ▼ - large cities with populations > 3.5 million.

EMI's multidisciplinary scientific agenda includes four major themes:

Assess earthquake hazard by

- modeling ground motion for realistic earthquake scenarios;
- encouraging the installation of local seismographic and strong-motion networks.

Determine vulnerability and risk by

- reviewing the effectiveness of building codes and their implementation;
- developing methodologies for collecting standardized inventories of buildings, lifelines, transportation systems and critical facilities;
- applying damage-loss estimation models that include economic and social impact,
- modeling disaster scenarios for emergency preparedness and response.

Evaluate options for sustainability by

- examining the effects of cultural differences in perceptions and response to risk;
- studying earthquake constraints on the long-term sustainability of megacities;
- investigating the technical, social, political, historical and economic factors that would allow earthquake mitigation measures to be integrated in urban planning policy at different government levels.

Promote earthquake mitigation and preparedness by

- designing regional-dependent educational programs aimed at earthquake preparedness and earthquake awareness;
- promoting special procedures to protect cultural heritage items and monuments;
- advocating new construction methodologies for non-engineered buildings and new training programs for local builders;
- promoting seismic code provisions to encourage cost-effective retrofitting;
- encouraging improvements in emergency response coordination and communication.

EMI's scientific and technical agenda involves the promotion of multi-disciplinary research to evaluate the effects of earthquakes on large urban areas and to develop technologies and methods for the mitigation of such effects. In addition, EMI participants focus their efforts on specific projects expected to have a high impact in accelerating earthquake preparedness, mitigation and recovery. These activities are aimed at building and sustaining local and regional capacity of selected organizations and institutions in megacities of developing countries. EMI's capacity building action plan for the next five years includes three projects: the (1) Twin Cities, (2) Regional Center and (3) Training and Education projects.

A Twin Cities project pairs up two or more large cities in a formal exchange and development of knowledge that involves researchers, practitioners and end-users (Fig. 8). Usually, one of the cities has more advanced knowledge on mitigation and preparedness procedures than the other, or has experienced a recent earthquake disaster. Exchanges between the cities are intended to result in the implementation of low-cost mitigation measures and improved emergency response. The following city groupings are currently involved in the EMI Twin Cities project: Los Angeles - Mexico City, Bogota - Managua, Naples - Cairo, Izmir - Tashkent, Tehran-Yeravan, Beijing - Manila - Kobe.

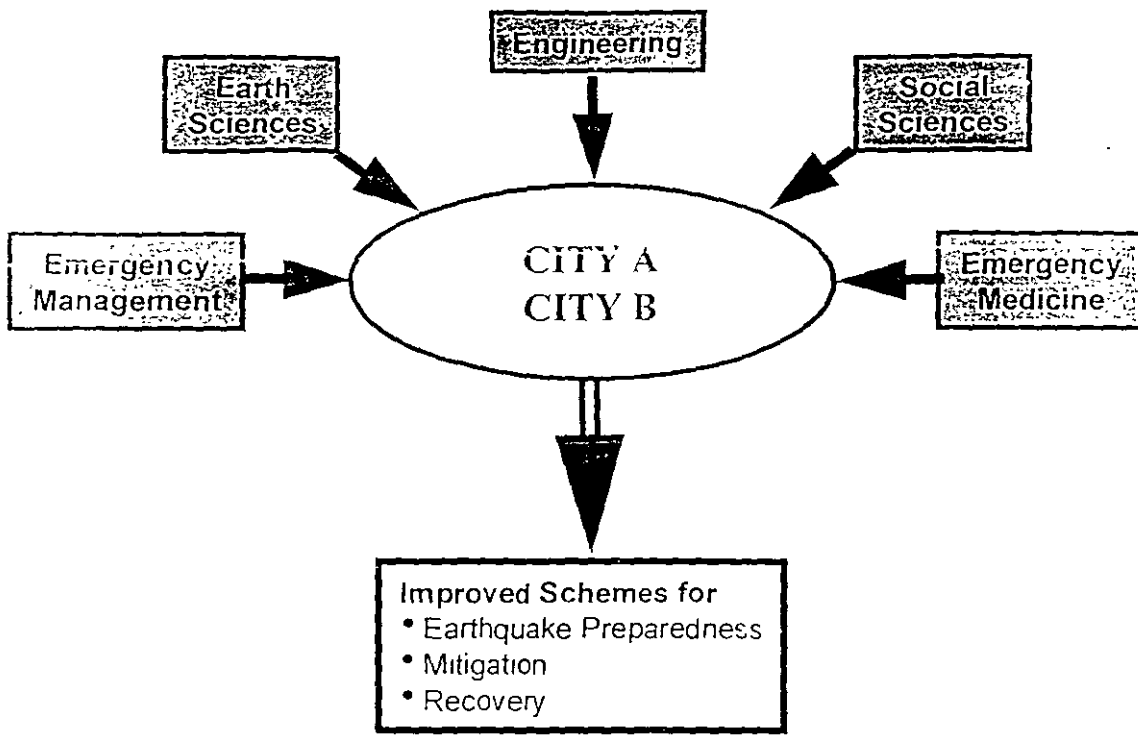


FIG. 8 Concept of the Twin City project operating under the auspices of the Earthquake and Megacities Initiative.

Under the auspices of a Regional Centers project, megacities with active mitigation programs contribute expertise to large areas and provide the motivation to build partnerships with managers of large metropolitan centers, international development agencies and risk mitigation advocates. In contrast, the Training and Education project involves knowledge and information sharing to build local and regional capacities. The focus is on four project areas: training, establishing databases and directories of resources and activities, coordinating researcher or student exchanges to increase access to information, and running special workshops and seminars.

SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

J. M Espinosa Aranda

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico. A.C. Anaxágoras #814. CP 03020, México. D.F., México
www.cires.org.mx. fax 01152-5669-2512

RESUMEN

El Sistema de Alerta Sísmica (SAS) para la Ciudad de México es un sistema público de alerta desarrollado para contribuir a mitigar el efecto de sismos fuertes que ocurran en Guerrero. El SAS funciona desde agosto de 1991 y el 14 de septiembre de 1995, alertó con 72 segundos de anticipación a poco más de 4 millones de personas en la Ciudad de México sobre la llegada del efecto del sismo M7.3 de Copala Gro. Este evento destacó la excelente respuesta de los niños entrenados en escuelas públicas y el hecho de que muchos adultos en la Ciudad de México no supieron responder adecuadamente. El objetivo del SAS y su desempeño deben ser discutidos públicamente para promover el aprovechamiento de esta tecnología.

INTRODUCCIÓN

La posibilidad de reconocer oportunamente el inicio de un sismo fuerte cerca del epicentro, la diferente velocidad de propagación de las ondas sísmicas y de las ondas eléctricas, así como la distancia que existe entre el sitio donde se origina un sismo y la zona sensible a sus efectos, son las condiciones básicas que hacen posible el desarrollo de un sistema de alerta sísmica, **anexo 1 (Cooper, 1868)**. La eficacia de un sistema de alerta sísmica es una función compleja que involucra acciones con probabilidad de falla, tales como: captar el evento, pronosticar su magnitud, avisar oportunamente a la población en riesgo y la capacidad del usuario para responder adecuadamente. La información sobre riesgo sísmico y la práctica de simulacros facilitan una respuesta eficiente en la población que recibe un aviso de alerta.

En México, investigaciones sísmológicas recientes, muestran como probable que en Guerrero, entre los puertos de Acapulco y Zihuatanejo ocurra un sismo con magnitud entre 7.9 y 8.2 (**Anderson, et al, 1989**). Además, se estima que sus posibles efectos serán de alto riesgo para la Ciudad de México. Así, desde 1982, el Instituto de Ingeniería de la UNAM participa en la operación y conservación de la Red Acelerográfica de Guerrero, con apoyo de investigadores e instituciones internacionales. El objetivo de este esfuerzo es obtener información para investigaciones básicas sobre la generación y efectos de sismos fuertes. Con los acelerogramas sísmicos obtenidos en esa región durante un lapso de más de 10 años, es posible confirmar la existencia de la "Brecha de Guerrero", **fig. 1**, así como la posibilidad de que se genere un sismo de gran magnitud (**Anderson, et al, 1996**).

Con la Red de Guerrero se obtuvieron acelerogramas del terremoto M8.1 del 19 de septiembre de 1985 en Michoacán, que causó alrededor de 10,000 personas muertas y 30,000 heridos en la Ciudad de México (**Esteva, 1988**). Estudios sobre ese evento muestran que las características del terreno y su resonancia con la estructura de algunos edificios fueron la causa de su colapso y del alto costo en vidas de personas, que por otra parte no tuvieron alguna señal de prevención ni la de capacidad para una respuesta rápida.

Con el propósito de ayudar en la posible mitigación de los efectos desastrosos que llegan a causar los sismos fuertes de Guerrero en la Ciudad de México, el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. (CIRES), creado en 1986, bajo el auspicio de la Fundación Javier Barros Sierra, desde 1989, ha obtenido apoyo económico de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno de la Ciudad de México para desarrollar el diseño e implantación del SAS (**Espinosa-Aranda, et. al, 1989**), así como el necesario para asegurar su operación por más de 6 años. El SAS ha permitido avisar a la población del valle de México, con una anticipación promedio de 60 s, sobre el inicio de algunos sismos importantes en su región de captura en Guerrero.

El SAS inició su funcionamiento experimental en agosto de 1991 y su existencia se hizo pública el 14 de mayo de 1993, después de las 21:10 y 21:12 hrs. cuando avisó sobre el inicio de dos sismos importantes en Guerrero (M5.8 y M6) con sendas señales, anticipadas 65 y 73 s. (Espinosa-Aranda, *et al*, 1995). Después de esta prueba práctica de su funcionamiento, las Autoridades del Gobierno de la Ciudad de México, en agosto de 1993, anunciaron el inicio de su servicio público, para el que se ha contado con el valioso apoyo de la mayoría de las estaciones comerciales de radio en AM y FM de la Asociación de radiodifusoras del Valle de México y las estaciones locales de TV, Canal 11, Canal 22 y Televisión Mexiquense del Estado de México.

El SAS de la Ciudad de México **fig. 2**, consiste de un Subsistema Sismo-Detector formado con doce Estaciones Sensoras de Campo implantadas a lo largo de la costa de Guerrero entre Papanoa y Punta Maldonado, capaces de evaluar parámetros sísmicos y de pronosticar la magnitud del evento en desarrollo, además, de transmitir esa información en forma instantánea a través de radio canales del Subsistema de Comunicaciones Guerrero-DF, hasta la Estación Central de Registro del SAS en la Ciudad de México, a más de 300 Km de distancia. En este sitio, un sistema computarizado registra y analiza la información que llega desde los sensores de campo, si capta un primer aviso de magnitud de cualquier estación sensora, espera un segundo aviso de las estaciones aledañas, para confirmar el desarrollo del sismo y dispara un aviso de alerta sísmica. El SAS transmite automáticamente avisos de alerta "restringida" si el pronóstico de magnitud del sismo en desarrollo es $M < 6$, moderado, y alerta "general" si su pronóstico es $M > 6$, fuerte.

Hasta junio de 1999, después de 95 meses de funcionamiento continuo, el SAS ha logrado detectar poco más de 740 sismos con magnitudes entre 3.4 y 7.3. De estos sismos 12 eventos fueron avisados automáticamente con "Alerta General" en los valles de México y Toluca. Asimismo, sólo 37 lograron generar avisos de "Alerta Restringida". En cada caso las señales fueron emitidas antes de la llegada del efecto sísmico, con una ventaja promedio de 60 s.

PREVENCIÓN DE DESASTRES Y PROGRAMAS EDUCATIVOS DE RESPUESTA PÚBLICA

En 1992, después de observar el funcionamiento inicial del SAS, así como su capacidad para generar avisos sobre sismos menores, la Fundación Javier Barros Sierra, A C, con la coordinación del Colegio de México, promovió un ciclo de seis seminarios de auscultación para promover el uso del SAS, analizar cómo difundir sus avisos y cómo desarrollar programas de capacitación (Fundación Javier Barros Sierra, AC, 1992). En ese evento participaron investigadores en prevención de desastres, organizaciones públicas y privadas encargadas de la respuesta ante emergencias y las autoridades del gobierno del D.F.

Después de la experiencia de los sismos de septiembre de 1985, en la Ciudad de México la Secretaría de Educación Pública inició el desarrollo de un programa permanente de práctica de simulacros, para mitigar situaciones de riesgo en las escuelas oficiales de enseñanza básica y desde 1992, propuso la evaluación experimental del SAS, inicialmente en un pequeño conjunto de 25 escuelas, para apoyar la formación de cultura de prevención. Actualmente el programa de entrenamiento de respuesta rápida ante sismos es obligatorio y se lleva a cabo en todas las escuelas públicas de la Ciudad de México. Además, la SEP usa el aviso de alerta sísmica en todas las escuelas oficiales, porque el personal administrativo de los planteles del Valle de México tiene la instrucción de escuchar durante horas de clase, las emisiones de radio en AM y FM, por si el SAS emite un aviso. Así, los alumnos entrenados, pueden iniciar las acciones de prevención en cada plantel, antes de sentir los efectos del sismo avisado por el SAS.

Como un esfuerzo para aumentar la cultura de prevención de desastres sísmicos entre los habitantes del D. F. y para promover el uso de la señal de alerta sísmica, el Gobierno de la Ciudad de México elaboró y envió por correo 1.5 millones de folletos descriptivos del SAS, donde se explica qué región cubre y qué magnitud de sismo puede reconocer, también indica cómo responder adecuadamente al aviso de alerta sísmica y qué medidas previas de preparación y acciones se pueden realizar antes, durante y después de un sismo. Adicionalmente, algunas estaciones de radio comercial en AM y FM transmitieron, durante un año, mensajes cortos y frecuentes sobre el riesgo sísmico en la Ciudad de México y sobre qué hacer cuando se escucha el aviso de alerta sísmica, de acuerdo con métodos modernos para la comunicación de riesgos (Mileti, 1990).

RESPUESTA DE LA POBLACIÓN ANTE UN AVISO DE ALERTA SÍSMICA

El jueves 14 de septiembre de 1995 a las 8:04 hrs. ocurrió el sismo M7.3 de Copala Gro. en México, aproximadamente 150 kilómetros al sureste de Acapulco y 300 kilómetros al sur de la Ciudad de México. Los daños, aunque considerables en pueblos cerca del epicentro, fueron pequeños en la ciudad de México (Anderson, *et al.* 1995). Este sismo mostró la eficacia del SAS porque generó una señal de alerta "general" para la población y anticipó 72 segundos el arribo de la parte fuerte del efecto del sismo de "Copala" sentido en el D.F., fig. 3, gracias al apoyo de la mayoría de estaciones comerciales de AM-FM en la Ciudad de México. El sismo ocurrió cuando mucha gente se traslada a sus trabajos o inicia sus actividades; cuando el sistema de transporte público y el METRO está más congestionado, porque el horario de entrada al trabajo es entre 8:00 y 9:00 hrs. Además, los alumnos de escuelas básicas se encontraban en los patios antes de iniciar sus clases: en escuelas secundarias y universidades inician clases desde las 7:00 hrs. Durante este evento, tabla 1, el aviso de alerta emitido por el SAS alcanzó a poco más de 4 millones de habitantes del valle de México.

Escuelas Públicas. 26 escuelas públicas estaban equipadas con radio receptores SAS durante el evento de "Copala". El aviso directo llegó a 14,200 personas: estudiantes, profesores y personal administrativo, en 4 jardines de niños, 16 escuelas primarias y 6 secundarias, pero gracias al procedimiento de prevención instruido por la SEP para el caso de escuchar una señal de alerta por la radio local de AM y FM, los planteles oficiales lograron cubrir más del 90% de población escolar del D.F.; porque activaron manualmente sus señales de alerta en escuelas primarias, secundarias y jardines de niños. Las autoridades de la SEP estiman que avisaron a 1'970,000 personas. Los alumnos de las escuelas secundarias que se encontraban en clases evacuaron con orden, según informaron las autoridades educativas. La mayoría de los niños de escuelas primarias que estaban a punto de entrar a su salón, permanecieron en lugares predefinidos como seguros; la respuesta de los niños durante este evento fue comentada como excelente.

Escuelas Privadas. Sólo dos escuelas privadas en la Ciudad de México recibieron la señal de alerta sísmica y su respuesta no fue reportada. Sin embargo, una investigación comparativa con respecto a la aplicación y respuesta ante el aviso de una alerta sísmica fue desarrollada en un plantel con receptor del SAS y en otro sin él. Los dos planteles tuvieron entrenamiento de procedimientos de prevención y la respuesta de los niños donde la escuela tenía receptor del SAS fue más tranquila durante y después del sismo, comparada con la de los niños de escuelas que no tenían el receptor del SAS. Los primeros lograron regresar a clases después del sismo y los niños de la escuela sin SAS fueron incapaces de regresar a clases ese día, debido al nerviosismo posterior al evento (Arjonilla, 1996).

Estaciones de Radio de AM y FM. Durante el evento de "Copala" 24 receptores de la señal de alerta del SAS estaban instalados en radiodifusoras de la Ciudad de México y según opinión del Instituto Mexicano de la Radio, el nivel de audiencia entre las 6:00 y 10:00 hrs es del 10%, en la zona metropolitana del Valle de México, es decir, escucharon casi 2.000,000 de personas. Además, ellos suponen que cuando una persona escucha un mensaje de alerta lo comunica al menos a otra..

Durante el sismo de "Copala", el proceso de emisión de alerta en las estaciones de radio era manual y dependía de la acción final de un operador. Como se observaron retardos y fallas, para minimizar estos incidentes, cada emisora solicitó la instalación de interruptores de audio telecontrolados por la señal del SAS; así, cuando se requiere, la señal ulularmente de alerta sísmica sustituye automáticamente el programa en desarrollo durante 60 s, que inicia con el tono característico y el mensaje "alerta sísmica, alerta sísmica" después, regresa al programa de radio interrumpido. El aviso puede ser escuchado por las personas que estén atendiendo la radio en ese instante. Después, de acuerdo con la importancia del evento sísmico la emisora podrá difundir boletines informativos sobre sus características, acciones de protección, descripción de los daños, etc.

Transporte subterráneo METRO.- En la Ciudad de México, el METRO usa la señal de alerta sísmica y cuando ocurre un aviso ordena a los trenes que viajan reducir su velocidad, parar en la estación siguiente y abrir las puertas del tren. Para reducir el riesgo de pánico entre los usuarios no entrenados. Normalmente, el METRO no informa la causa de la interrupción de su servicio. Se estima que un promedio de 400,000 personas viajan entre las 6:00 y 10:00 hrs ó entre las 17:00 y las 21:00 hrs

Complejo habitacional el Rosario.- La señal de alerta sísmica del SAS telecontrola un audio amplificador potente instalado en una torre del multifamiliar *El Rosario*. Esta señal cubre sólo a una población estimada de 10,000 personas. Durante el sismo de "Copala" el 14 de septiembre a las 8:04 hrs., el SAS de *El Rosario*, funcionó bien y el tiempo de ventaja permitió a los residentes de la comunidad evacuar sus departamentos. Los residentes comentan que estuvieron asustados cuando la alerta sonó, pero respondieron rápidamente cerrando el gas, apagando luces y evacuando sus viviendas de acuerdo a los procedimientos establecidos. Existen vecinos designados específicamente para dirigir a las personas por las rutas de evacuación planeadas. No hubo reportes de pánico o acciones asociadas con el miedo extremo.

Otros.- Algunos usuarios del SAS son organizaciones de emergencia como: la Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal, La Dirección General de Protección Civil del Estado de México, la Cruz Roja Mexicana, el Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, el Departamento de Policía de la Ciudad de México y el Estado Mayor del Ejército Mexicano, oficinas del Gobierno, edificios públicos, escuelas privadas, universidades y domicilios del personal técnico del CIRES. Así, se estima que 9,000 personas fueron alertadas en este rubro.

RESULTADOS ADICIONALES

Después del sismo de "Copala" el SAS ha emitido otros avisos de alerta "restringida" y "general", como indica la **tabla 2**. Entre los que destacan el sismo M5.3 del miércoles 13 de marzo de 1996, en Guerrero, activó al SAS y se emitió inicialmente una alerta "restringida"; sin embargo, una confirmación secundaria sobre estimó el pronóstico de magnitud y la señal de alerta cambió a "general"; el aviso logró 74 segundos de ventaja y alcanzó a una población estimada en 3,230,000 personas. El sismo M6.5 del lunes 15 de julio de 1996, en Guerrero, fue detectado por el SAS como un evento moderado y emitió una alerta "restringida" con una anticipación de 65 segundos, que alcanzó a una población estimada de 20,000 personas. El sismo M7.3 del 11 de enero de 1997, en las costas de Michoacán, ocurrió fuera de la región de captura y activó al SAS, que sólo emitió una alerta "restringida" dio ventaja de 42 segundos antes del arribo del efecto sísmico. Además, otros cuatro avisos de alerta "restringida" fueron emitidos por el SAS los días 21 de marzo, 8 de mayo, 19 de julio y 26 de agosto de 1997, con una anticipación que va de 45 a 55 segundos. Todos estos eventos generaron aviso de alerta sísmica en las escuelas públicas y privadas que cuentan con los receptores del SAS. El público sólo recibe los avisos de alerta "general" cuando las radiodifusoras que apoyan este servicio repiten el mensaje captado. La **tabla 3** muestra el desempeño histórico del SAS hasta julio de 1999.

DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD Y FALLAS DEL SAS

Por su objetivo y desde el inicio de su servicio, el SAS está sujeto a un programa continuo de actividades técnicas y de investigación que permiten mejorar y asegurar su función estratégica. Es indispensable, además del desempeño rutinario de su servicio de operación, y conservación, evaluar y analizar cotidianamente sus resultados. Es indispensable validar las soluciones propuestas para superar diversos problemas técnicos que han o puedan menguar su desempeño, así como perfeccionar sus múltiples procedimientos e integrar nuevas tecnologías para asegurar su viabilidad futura.

Sin embargo, durante los cuatro años iniciales de operación pública, el SAS tuvo tres fallas. El primer incidente técnico ocurrió durante el sismo M6.7, del 24 de octubre de 1993, cuando el SAS no emitió el aviso de alerta "general". El segundo, fue la emisión de una alerta "general", el 16 de noviembre de 1993, sin que ocurriera un sismo. El tercero, ocurrió a las 6:45 hrs del 31 de mayo de 1995, cuando un sismo de M4.6 en las costas de Guerrero y Oaxaca generó una alerta "restringida" que fue captada y difundida como alerta "general" desde una radiodifusora de AM, donde por un error de documentación, se instaló un receptor codificado para captar alertas "restringidas"; en ese momento de la mañana se difundía un noticiero famoso y el reportero anunció que un gran sismo afectaría a la ciudad de México y sólo resultó un sismo moderado; sin embargo segundos después algunos radio escuchas del programa informaron haber percibido el efecto del sismo en algunos sitios de la Ciudad. Estos incidentes causados por defecto de procedimiento, fallas técnicas y errores humanos, fueron superados y son experiencias que causaron sólo confusión. Afortunadamente no causaron daño en la integridad física a persona alguna.

La información sobre el desempeño y resultados de operación del SAS se usa para calcular periódicamente sus índices de disponibilidad (D) y confiabilidad (R). La primera evaluación de estos factores corresponde al lapso entre septiembre de 1991 y julio de 1993 (Jiménez, *et al.*, 1993) y en la **fig. 4**, mostramos, además del histograma de fallas, los factores de disponibilidad y confiabilidad del SAS, acumulados hasta febrero de 1999.

La gráfica muestra un incremento de fallas en el lapso marzo-agosto de 1997, resultado del aumento de daños por envejecimiento en algunas partes y elementos electrónicos del SAS; que habían funcionado continuamente durante más de seis años y para los que ya no se fabrican refacciones. Es oportuno destacar que para no degradar los factores de disponibilidad y confiabilidad logrados, conviene renovar ciclicamente los elementos obsoletos o discontinuados del SAS.

Sin embargo, es importante observar que la disponibilidad histórica del SAS es $D=0.9976$ y que la evolución de este factor muestra la eficacia de las actividades de operación y conservación de todos los elementos del sistema. Además, el SAS ha logrado un índice de confiabilidad $R=0.9929$, y su evolución, al igual que el factor anterior, indica la eficacia lograda en analizar y resolver las fallas de su funcionamiento, así como de las alternativas aplicadas para asegurar la continuidad y la calidad de su servicio (Espinosa-Aranda, *et al.*, 1997).

DISCUSIÓN

Es indispensable mantener alta la disponibilidad y confiabilidad de un sistema de alertamiento temprano. Asimismo, proponer que los usuarios definan y practiquen simulacros de prevención: recurso y experiencia indispensables para aprovechar el posible funcionamiento de un sistema como el SAS.

Afortunadamente, como el sismo de la "Brecha de Guerrero" no ha ocurrido y el SAS inició su servicio público desde 1993, los habitantes de la Ciudad de México hemos tenido la oportunidad de obtener un conocimiento empírico sobre la existencia del SAS, sus fallas y aciertos: experiencia donde todos los medios han participado, con su crítica y promoción.

Sin embargo, actualmente es común escuchar más discusiones sobre la confiabilidad del desarrollo tecnológico del SAS y sobre la escasa capacidad de respuesta de los usuarios, que sobre la mayor conveniencia de observar criterios modernos de construcción contra sismos, así como de preparar planes y practicar simulacros de prevención, recurso indispensable para mitigar la posibilidad de sufrir nuevos desastres sísmicos en la Ciudad de México

Según la opinión de sismólogos especialistas, actualmente el mayor riesgo de un sismo fuerte para la Ciudad de México está en la costa de Guerrero, a poco más de 300 Km; razón que permitiría ver al SAS como un recurso estratégico de gran valor social para la población.

La inversión inicial para diseñar y construir el SAS, entre enero de 1990 y agosto de 1991, fue de 600 mil dólares. Además, hasta diciembre de 1998 su gasto por el servicio de operación acumuló poco más de 3 millones de dólares. Actualmente, el presupuesto anual del servicio del SAS es de 600 mil dólares, porque incluye la inversión para renovar y perfeccionar algunos elementos tecnológicos y el costo de actividades imprescindibles de investigación.

Actualmente tenemos instalados poco más de 120 radio receptores de avisos del SAS, que incluyen los que usan 58 estaciones de radio en los valles de México y Toluca para difundir al público los avisos de alerta sísmica. Además, entre los nuevos usuarios destacan la *UAM Iztapalapa* y la ampliación de *El Rosario*. El primero instaló un sistema de avisos de alerta sísmica con audio amplificadores potentes, que cubren poco más de 15.000 personas y el segundo, con el apoyo de una empresa distribuidora de gas local, instaló otros dos sistemas potentes de sonido, para ampliar la cobertura de la señal de alerta a 20.000 usuarios más. Los nuevos usuarios frecuentemente implementan conjuntamente procedimientos de respuesta rápida y programas de entrenamiento.

Para promover el diseño y práctica de acciones de prevención y uso del SAS en la Ciudad de México, es necesario desarrollar un programa de información sobre el riesgo de este fenómeno natural, diseñado para la población general. Afortunadamente en enero de 1996 se promulgó la Ley de Protección Civil para la Ciudad de México, que norma el papel de las organizaciones civiles y públicas en situación de desastre y nos requiere del diseño y práctica de simulacros de prevención.

CONCLUSIONES

Determinar la eficiencia de un aviso de alerta es difícil, pero la experiencia de septiembre 14 de 1995, demostró que la combinación de programas de información y práctica de simulacros, así como una señal de alerta emitida oportunamente, puede ayudar a reducir un nuevo desastre sísmico en el D.F. Los programas de educación mejoraron la capacidad para responder ante el aviso de alerta. Los residentes de zonas sensibles al efecto de sismos pueden responder a una señal de alerta, con margen de tiempo limitado, de forma controlada y racional, como se observó en la población infantil de las escuelas públicas del D. F.

Contrariamente a lo esperado durante el aviso de una alerta falsa, alas 19 hs del 16 de noviembre de 1993, ante una audiencia estimada en 2'000,000 de personas, prevaleció la calma y el sentido común de la población. Antes de ese suceso, un argumento usado para limitar la difusión de la señal de alerta a todo público, era que mucha gente podría morir o resultar herida a causa de situaciones de pánico en lugares públicos. Además, en esa ocasión el público no tenía entrenamiento para actuar en una situación de emergencia, sin embargo, nadie resultó herido o muerto por el pánico. Esta experiencia debe ser revisada y discutida públicamente con el propósito de promover entrenamiento para respuesta rápida en caso de recibir el aviso de alerta sísmica via la radio comercial.

Para mejorar la capacidad de respuesta de la población que recibe el aviso de una alerta sísmica es necesario analizar su comportamiento, con información obtenida mediante una encuesta formal y extensa obtenida después de cada evento alertado.

La Ciudad de México ha sufrido los efectos de los terremotos que ocurren en Guerrero. Por esta razón, es indispensable estimular las actividades de diseño y práctica de procedimientos de prevención, mediante campañas continuas de información pública sobre el riesgo sísmico típico de esta región: similar a las campañas que se difunden sobre problemas de salud. Para aprovechar el desarrollo tecnológico del SAS conviene mejorar la difusión de los avisos de alerta sísmica y apoyar la instalación de sistemas mediante el uso de receptores económicos de las señales del SAS. Además, conviene analizar si es pertinente ampliar la cobertura y aplicación del SAS hacia la costa de los estados de Michoacán y Oaxaca.

RECONOCIMIENTOS

El sistema mexicano de alerta sísmica es capaz de anticipar a la población del valle de México y Toluca avisos sobre el inicio de sismos fuertes que ocurren en la costa de Guerrero. El SAS es una de las respuestas logradas ante los diversos retos de investigación y desarrollo tecnológico propuestos en enero de 1986, al CONACYT, por un grupo de científicos y especialistas en geofísica e ingeniería sísmica nacionales y extranjeros, que observaron el destrozo que causó en la Ciudad de México el terremoto de septiembre de 1985.

Reconocemos a las diversas Administraciones del Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría de Obras y Servicios, el apoyo continuo otorgado desde el inicio del proyecto, en octubre de 1989. Asimismo, la colaboración de la Asociación de Radiodifusores del Valle de México y Toluca, así como de las estaciones locales de TV del DF, Canal 11, Canal 22 y la Televisión Mexiquense del Estado de México que apoyan la emisión de los avisos del SAS, como un servicio social estratégico para la población de esta región del país.

REFERENCIAS

- Anderson, J. G., S. K. Singh, J. M. Espindola and J. Yamamoto (1989). Seismic strain release in the Mexican subduction thrust, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 58, pp. 307-322.
- Anderson J. G., Quas R., Chen Q., Almora D., Vázquez R., Velasco J. M., Pérez C., Castro G., (1996) Characteristics of Earthquakes in the Mexican Subduction Zone on Strong Motion Accelerograms. *Revista de Ingeniería Sísmica*, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica A.C., 54 septiembre-diciembre 1996, pp. 17-33.

- Anderson, J., Quaa, R., Singh S. K., Espinosa-Aranda, J. M., Jiménez A.; Lermo J., Cuenca J., Sánchez S. F., Meli R., Ordaz M., Alcocer S., López B., Alcántara L., Mena E., Javier C., (1995). The Copala, Guerrero, Mexico Earthquake of September 14, 1995 ($M_w=7.4$): A Preliminary Report, *Seismological Research Letters*, **66**, No. 6, November-December, pp. 11-19.
- Arjonilla E., (1996). Estudio comparativo sobre el sismo del 14 de septiembre de 1995, Consejo Mexicano de Ciencias Sociales. A.C.
- CONACyT (1986). "Para aprender de los sismos de septiembre de 1985".
- Cooper J. D., M.D. (1868). Letter to Editor, *San Francisco Daily Evening Bulletin*, nov. 3, 1868
- Espinosa -Aranda J. M., Frontana B., Maldonado S., Legaria G., Medina M., Uribe, A (1989) Sistema de Control para el Disparo de una Alarma Sísmica, VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco, Guerrero, México.
- Espinosa Aranda J. M., A. Jiménez; G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostroza, S. Maldonado. (1995). Mexico City Seismic Alert System, *Seismological Research Letters*, **66**, No. 6, November- December, pp. 42-53.
- Espinosa Aranda J. M., A. Jiménez; G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostroza, S. Maldonado, (1997). The Seismic Alert System in Mexico City. 29th IASPEI General Assembly, Thessaloniki, Greece, August 18-28, 1997.
- Esteva L., (1988).The Mexico Earthquake of September 19, 1985 - Consequences, Lessons, and Impact on Research and Practice, *Earthquake Spectra*, **4**, Number 3.
- Fundación Javier Barros Sierra, A.C., (1992). Aprovechamiento del Sistema de Alerta Sísmica. Informe sobre deliberaciones públicas desarrolladas en otoño, Ciudad de México, 1992.
- Jiménez A., Espinosa-Aranda J.,M., Alcantar F., García, J., (1993). Análisis de confiabilidad del Sistema de Alerta Sísmica, X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puerto Vallarta, Jal, México, pp. 629-634.
- Mileti D. S., (1990) Communicating Public Earthquake Risk Information, Prediction and Perception of Natural Hazards. Proceedings Symposium, 22-26 October 1990, Perugia, Italy, pp 143-152

ANEXO 1A

Indicador de Terremotos

Boletín del Editor - Desde que el indicador magnético Japonés resultó ser un fracaso, nos vemos en la obligación de buscar otros medios que nos permitan pronosticar estas temidas convulsiones y quiero sugerir la siguiente modalidad por medio de la cual podríamos hacer que la electricidad sea el medio, quizás, de salvar la vida de miles de personas en el caso que ocurran más choques severos que aún no hemos experimentado. Es bien sabido que estos choques son producidos por un movimiento ondulatorio de la superficie de la tierra, las ondas irradian desde un centro de la misma manera en que se observa cuando se tira una piedra en el agua. Si el centro resulta estar lo suficientemente alejado de la ciudad, es posible que seamos fácilmente notificados de la aproximación de una onda a tiempo para escapar de edificios peligrosos antes de que nos alcance. La velocidad, según observada y registrada en el trabajo del Dr. J.B. Trask sobre terremotos en California desde el año 1,800 a 1,864, es de 6 1/5 (seis y un quinto) millas por minuto ó un poco menos por hora (40 millas) que la velocidad de las ondas de marea (maremoto) que se reportó haber viajado a través del océano hasta este puerto desde las islas Sandwich o desde Japón.

Un sencillo mecanismo puede ser instalado en varios puntos de 10 a 100 millas de San Francisco, por medio del cual una onda proveniente de la tierra lo suficientemente alta para provocar daño iniciaría una corriente eléctrica sobre los cables irradiantes de la ciudad, y casi instantáneamente haría sonar una campana de alarma, la cual debería colgarse en una torre muy alta cerca del centro de la ciudad. Esta campana deberá ser muy grande, de sonido peculiar, y conocida por todos como la *campana de terremoto*. Es obvio que nada sino la distante ondulación de la superficie de la tierra debería hacerla sonar. Este mecanismo sería auto-activado y no dependiente de los telegrafistas, quienes no siempre podrán retener la capacidad necesaria para telegrafear al momento, o bien podrían hacer sonar la alarma muy a menudo. Como parece que algunos choques provienen del oeste, se puede tirar un cable hacia las islas Farallone, a 25 millas de distancia y así poder mandar avisos de cualquier peligro proveniente de esa dirección. Claro que pueden darse choques cuya fuerza central esté muy cerca de la ciudad para poder predecirse, pero es muy poco probable que ocurra una vez cada 100 veces.

J.D. Cooper, M.D.

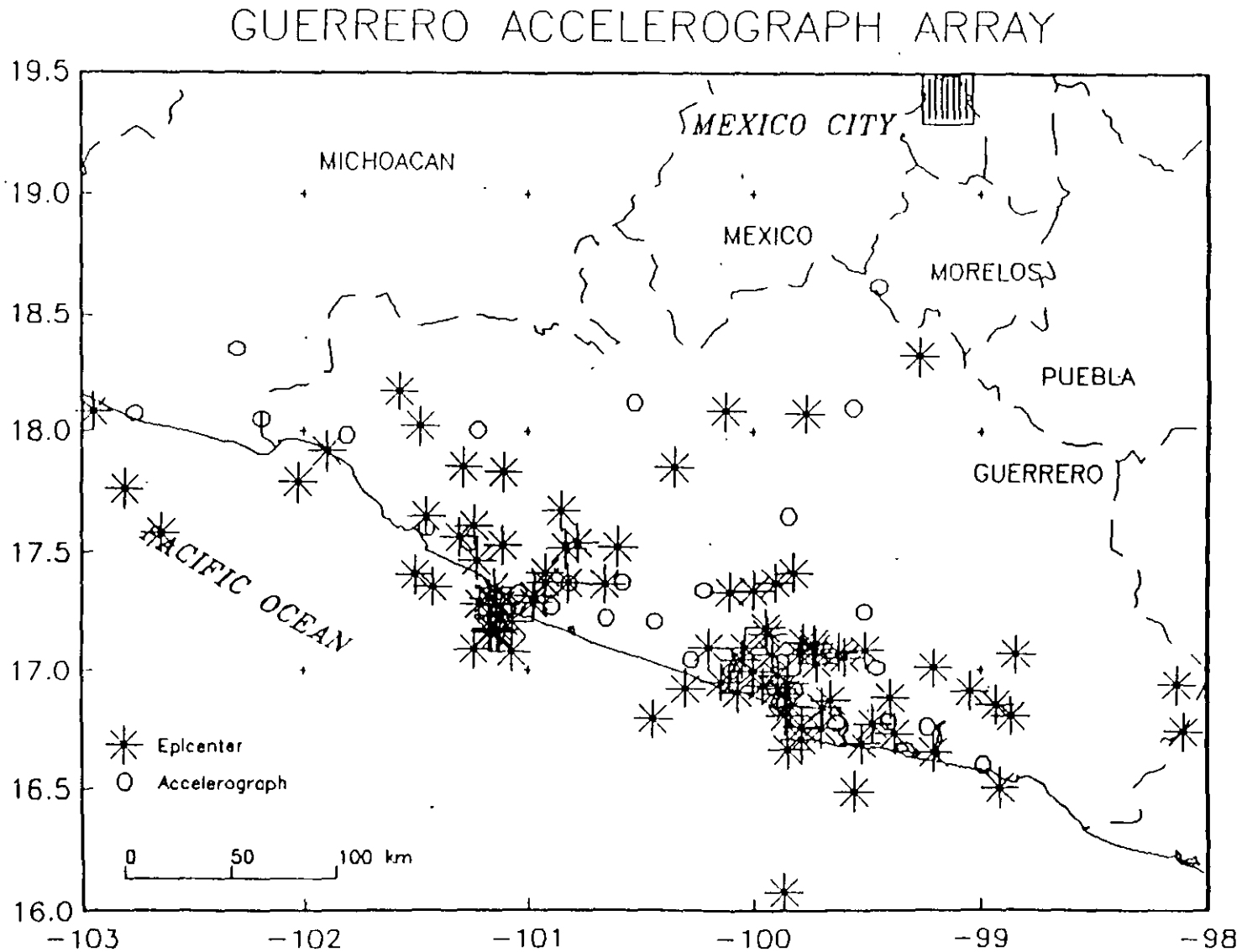
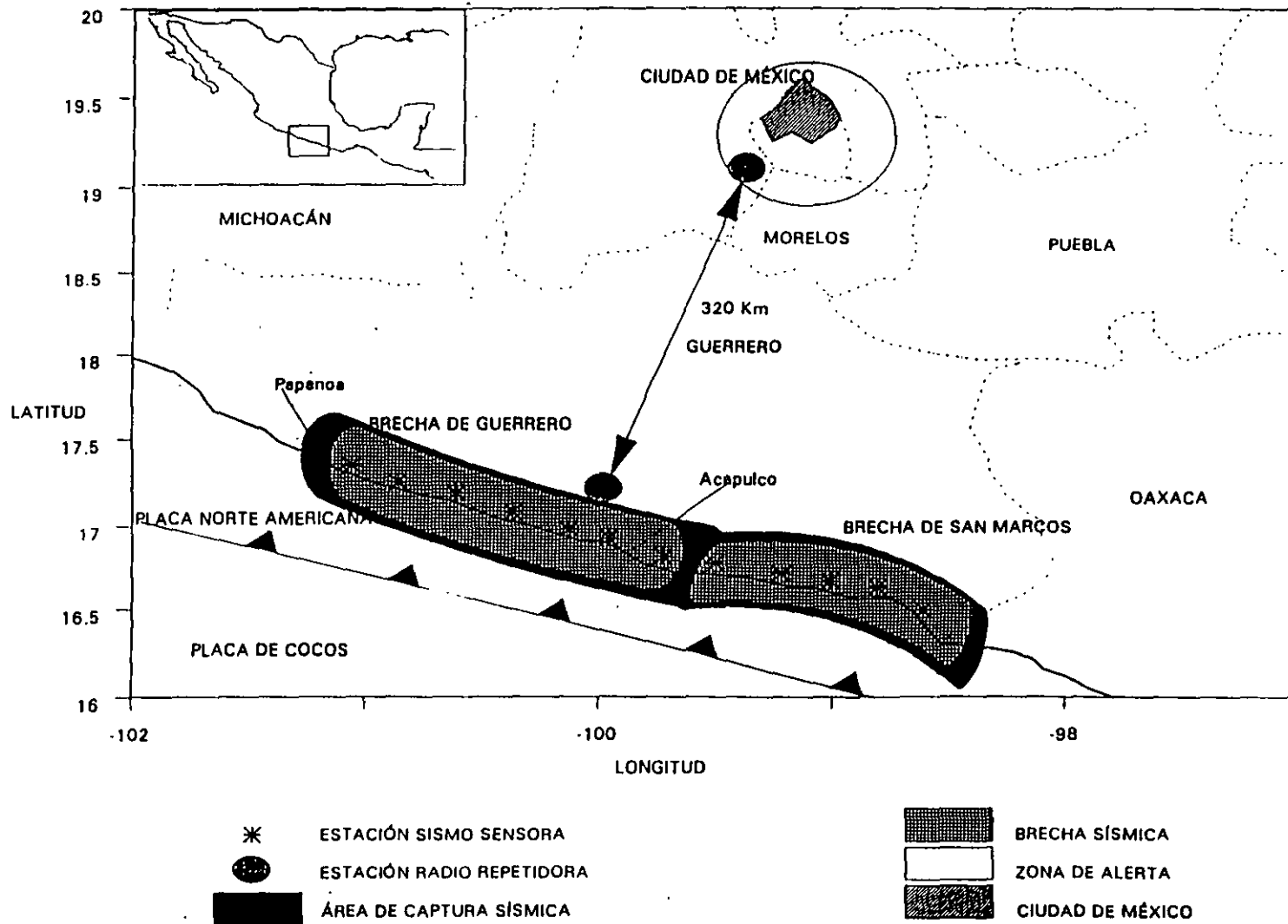


Figure 1. - Epicenters of earthquakes, 1985 through June 1987, which yielded one or more accelerogram on the Guerrero array.

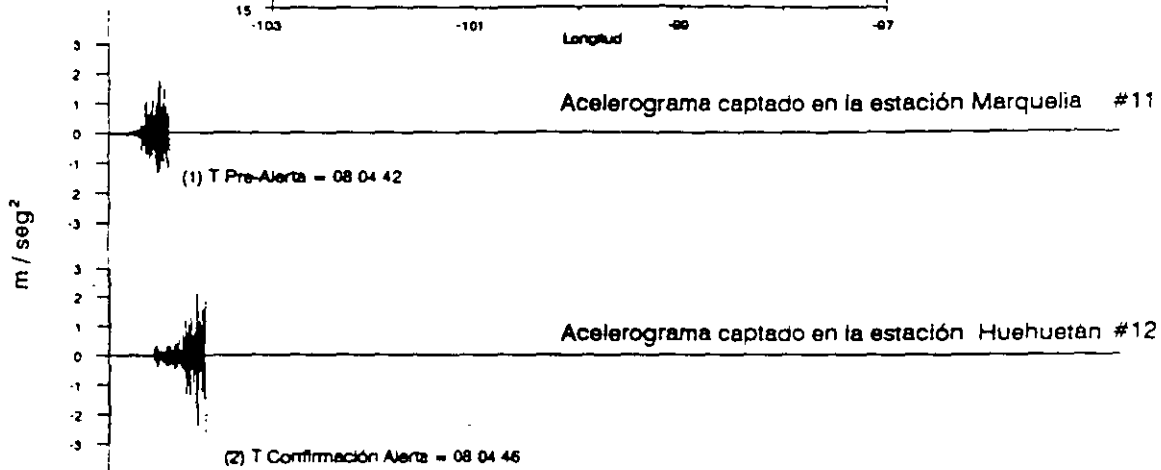
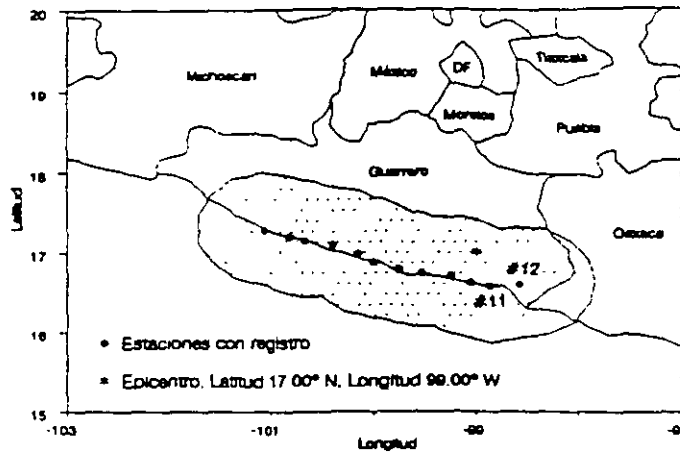
FIG. 2 LOCALIZACIÓN DEL "SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA" SOBRE LA REGIÓN DE SUBDUCCIÓN EN LA COSTA DEL ESTADO DE GUERRERO.



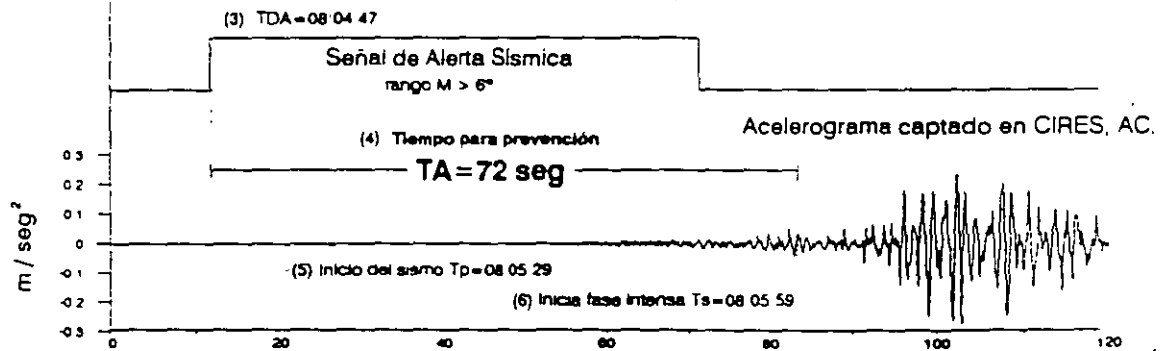
CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC

SISTEMA DE ALERTA SISMICA

Sismo del 14 de septiembre de 1995, en Guerrero, $T_o=08.04.35.8$, $M=7.3^{\circ}$ Richter



Función del Sistema de Alerta Sísmica en la Ciudad de México



T_o = Tiempo de Origen = 08:04:35.8, SSN, Instituto de Geofísica, UNAM
 M = Magnitud 7.3° Richter, SSN, Instituto de Geofísica, UNAM

- (3) TDA = Tiempo de Despacho de Alerta
- (4) TA = $T_s - TDA$
- (5) T_p = Tiempo de "p" en CIRES, AC
- (6) T_s = Tiempo de "s" en CIRES, AC

950914PO.DRW

Fig. 3. Diagrama de tiempo de alerta sísmica, septiembre 14 de 1995

SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

62

Tabla 1. Desempeño del SAS durante el sismo de septiembre 14, 1995, M7.3 de Copala Gro.

USUARIO	RECEPTORES ACTIVADOS	POBLACIÓN ALERTADA	COMENTARIOS
<i>Escuelas públicas</i>	26	1'970,000	Niños cubiertos con 28 radio receptores, más los operados manualmente
<i>Estaciones de radio AM/FM</i>	22	2'000,000	Personas escuchando la radio.
<i>METRO</i>	2	400,000	Personas viajando en hora pico.
<i>Complejo habitacional el Rosario</i>	1	10,000	Residentes del complejo.
<i>Otros</i>	35	9,000	Centros de respuesta a emergencias, oficinas del gobierno, edificios públicos, escuelas privadas, Universidades y personal técnico del CIRES.
TOTAL	86	4'389,000	

Tabla 2. Desempeño del SAS durante sismos fuertes y moderados después del sismo de Copala.

FECHA DEL EVENTO	REGIÓN EPICENTRAL	TIPO DE ALERTA	RECEPTORES ACTIVADOS	POBLACIÓN ALERTADA	TIEMPO DE ALERTAMIENTO (Seg.)
Septiembre 14, 1995, 08 04 *Copala	Oaxaca-Guerrero	General	86	4'389,000	72
Marzo 13, 1996, 15:04	Guerrero	General	86	3'229,000	74
Julio 15, 1996, 16:23	Guerrero	Restringida	90	20,000	65
Enero 11, 1997, 14:29	Michoacán	Restringida	90	51,000	42
Marzo 21, 1997, 21:49	Guerrero	Restringida	90	45,000	55
Mayo 08, 1997, 10:58	Guerrero	Restringida	90	45,000	55
Julio 19, 1997, 02:35	Guerrero	Restringida	86	60,000	56
Agosto 26, 1997, 19:13	Guerrero	Restringida	86	60,000	45
Diciembre 21, 1997, 02:22	Guerrero	General	108	?	69
Marzo 11, 1998, 08:13	Guerrero	Restringida	83	60,000	
Mayo 09, 1998, 12:03	Guerrero	Restringida	83	60,000	
Julio 05, 1998, 14:55	Guerrero	General	113	4'389,000	66
Julio 17, 1998, 06:18	Guerrero	General	113	3'229,000	74
Agosto 09, 1998, 11:18	Guerrero	Restringida	84	60,000	
Septiembre 07, 1998, 01:53	Guerrero	Restringida	84	60,000	
Abril 24, 1999, 22:08	Guerrero	Restringida	84	60,000	
Mayo 30, 1999, 04:58	Guerrero	Restringida	84	60,000	
Junio 15, 1999, 15:42	Puebla-Oaxaca	Restringida	84	60,000	

CENTRO DE INSTRUMENTACIÓN Y REGISTRO SÍSMICO, A.C.

CATÁLOGO DE SISMOS ALERTADOS POR EL SAS

INFORMACIÓN SISMOLÓGICA FUENTE: SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL (SSN)				DESEMPEÑO DEL SAS
NUM	FECHA	HORA	MAGNITUD	TIPO DE ALERTA EMITIDA
49	15 Jun 99	15:42	6.7	Restringida
48	30 May 99	4:58	4.4	Restringida
47	24 Abr 99	22:08	4.6	Restringida
46	07 Sep 98	01:53	4.1	Restringida
45	09 Ago 98	11:18	4.5	Restringida
44	17 Jul 98	06:18	5.2	General
43	05 Jul 98	14:55	5.2	General
42	09 May 98	12:03	5.2	Restringida
41	11 Mar 98	08:13	4.2	Restringida
40	21 Dic 97	23:22	5.6	General
39	26 Ago 97	19:13	4.7	Restringida
38	19 Jul 97	02:35	4.9	Restringida
37	14 Jul 97	20:26	4.3	Restringida
36	11 Jul 97	17:23	4.3	Restringida
35	22 May 97	02:51	5.9	Restringida
34	8 May 97	10:58	5.1	Restringida
33	23 Mar 97	14:23	4.7	Restringida
32	21 Mar 97	21:49	4.8	Restringida
31	11 Ene 97	14:29	7.3	Restringida
30	27 Oct 96	04:16	4.8	Restringida
29	19 Jul 96	04:01	4.8	Restringida
28	15 Jul 96	16:23	6.5	Restringida
27	13 Mar 96	15:04	5.3	General
26	16 Sep 95	10:09	4.3	Restringida
25	15 Sep 95	21:20	5.0	General
24	14 Sep 95	08:09	Replica	Restringida
23	14 Sep 95	8:04	7.3	General
22	31 May 95	06:49	4.6	Restringida
21	14 Abr 95	00:01	4.8	Restringida
20	10 Dic 94	10:18	6.3	Restringida
19	29 Oct 94	10:44	5.1	Restringida
18	16 Nov 93	19:11		General*(Falla)
17	24 Oct 93	1:52	6.7	General*(Falla)
16	10 Sep 93	4:50	4.9	Restringida
15	29 Jul 93	14:17	5.0	Restringida
14	15 May 93	2:26	4.8	General
13	14 May 93	21:12	6.0	General
12	14 May 93	21:10	5.8	General
11	31 Mar 93	4:18	5.1	Restringida
10	09 Nov 92	20:10	4.8	General
9	4 Nov 92	22:36	4.3	Restringida
8	30 Oct 92	2:16	5.0	Restringida
7	16 Oct 92	11:32	4.8	Restringida
6	2 Ago 92	06:54	4.8	Restringida
5	7 Jun 92	3:01	5.2	Restringida
4	7 Jun 92	11:41	5.1	Restringida
3	15 May 92	02:35	4.9	Restringida
2	26 Abr 92	14:53	4.8	Restringida
1	16 Oct 91	12:36	4.3	Restringida

Notas:

- * Se transmitió mensaje de supervisión en lugar de "Alerta General"
- ** Se transmitió mensaje de "Alerta General" sin que ocurriera sismo real

63

Tabla 3 Desempeño histórico del SAS

SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA

Disponibilidad y confiabilidad

64

No. Fallas

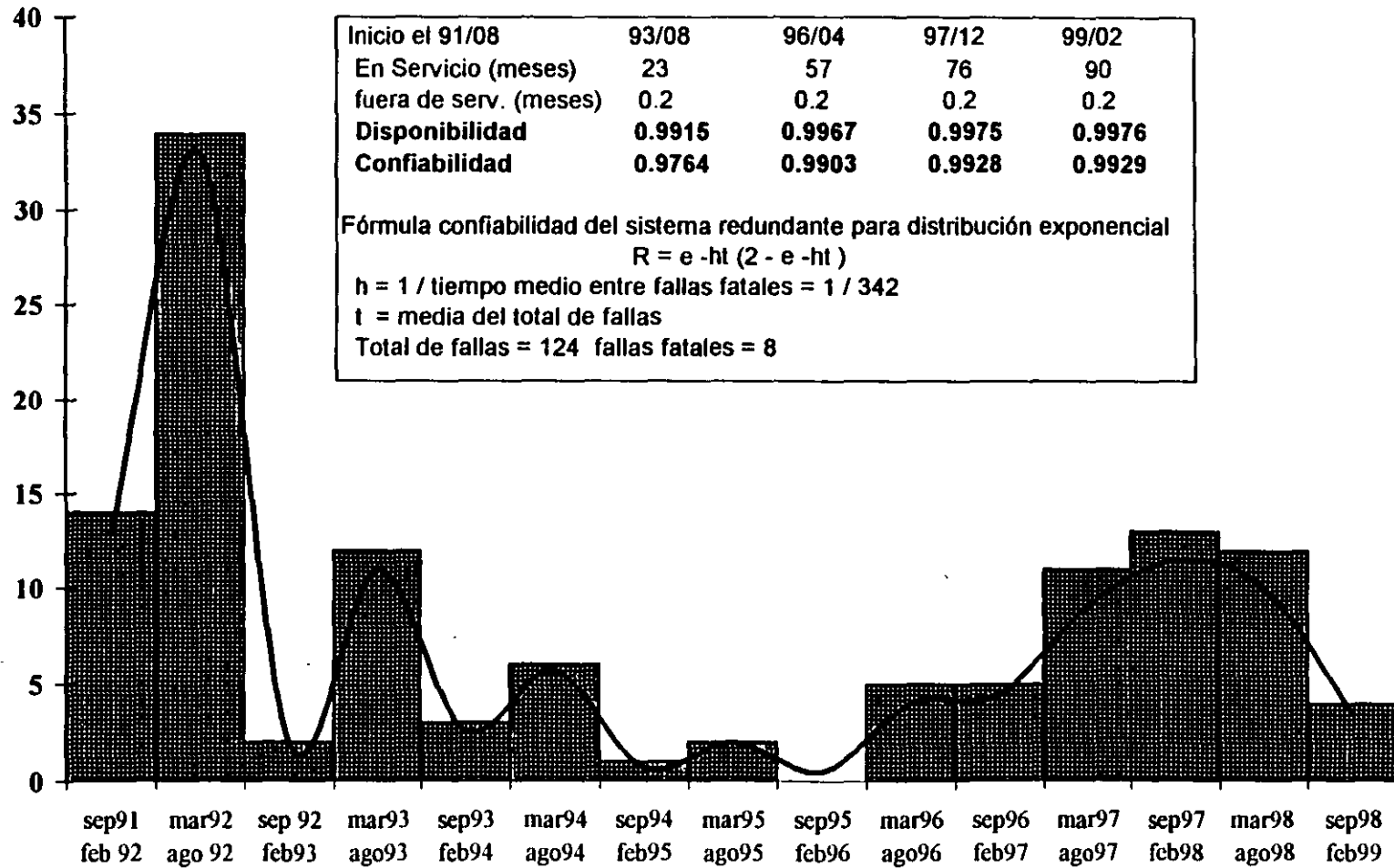


Figura 4. Histograma del número total de fallas.

Real-Time Earthquake Early Warning and Public Policy: A Report on Mexico City's Sistema de Alerta Sísmica

**James D. Goltz
Paul J. Flores**

EQE International, Inc.

INTRODUCTION

Most large earthquakes that pose a danger of strong ground motion in Mexico City occur along the subduction zone where the Cocos plate is moving beneath the North American plate, one of the most active subduction thrust faults in the Western Hemisphere (Esteve, 1988). The earthquakes of September 19 and 20, 1985, measuring 8.1 and 7.5, respectively, originated on a segment of this subduction zone known as the Michoacan gap. The first of these two events killed 10,000 people, left tens of thousands homeless, and caused the collapse of over 200 multi-story buildings and serious damage to 757 other buildings. This seismic zone has generated 42 earthquakes of magnitude 7 or greater this century, and there is concern that the next major earthquake to affect Mexico City will occur along the Guerrero Gap of the subduction zone, which lies approximately 320 kilometers from the capital. This section of the zone has been quiescent for more than 30 years and scientists believe that an earthquake, similar in size to the one in 1985, has a high probability of occurring before the year 2000 (Espinosa-Aranda *et al.*, 1995).

The frequency of large earthquakes in the subduction zone, the distance over which damaging ground motion from these events must travel to reach Mexico City, and the vulnerability of the capital due to soil conditions and structural characteristics make the city an ideal laboratory for an earthquake early warning system. In the aftermath of the Great Michoacan earthquake, pressure to improve seismic safety intensified and the Mexican government embarked on a comprehensive program that included revised building codes, improved planning, public education and, in collaboration with scientific institutions, the world's first publicly available earthquake early warning system (EWS). The purpose of the earthquake early warning system, called the Sistema de Alerta Sísmica (SAS), is to warn government officials, the operators of vital services, and the population that an earthquake has just occurred on the Guerrero section of the subduction zone and to provide as much as 50-70 sec-

onds of advance warning before damaging ground motion generated by the earthquake reaches Mexico City.

SAS is a cooperative effort between the Federal District of Mexico and a private research institute, the Center for Seismic Instrumentation and Records (CIRES), with Mexico City's Public Works department serving as lead agency. Development of the early warning system began in 1989 and was completed in August 1991 at a reported cost of \$1.2 million. Mexico City's SAS consists of a seismic detector system, a digital telecommunications system that operates between the state of Guerrero and Mexico City, and a central control system located within CIRES in Mexico City from which the signal that triggers the automated public alert receivers is broadcast.

The seismic detector system consists of 12 digital strong motion field stations located along a 300 km stretch of the Guerrero coast, arranged 25 kilometers apart. Each field station includes a computer that continually processes local seismic activity as transmitted by a three-accelerograph array serving the station. These instruments record seismic activity that occurs within a 100 km radial coverage area around each station. Programmed into each field station computer is an algorithm that can detect the occurrence of an $M > 6$ earthquake within 10 seconds of its initiation with an 89% confidence level. At least two stations must confirm the occurrence of the earthquake before the public alert signal is automatically sent from CIRES (Espinosa-Aranda *et al.*, 1996).

The SAS communications system consists of a VHF central radio relay station, located near the Guerrero coast, and six UHF radio relay stations located between the Guerrero coast and Mexico City. Each station has a receiver and transmitter that operate continuously and are tested at regular intervals. The tests also serve to monitor the operational status of all field stations. Two seconds are required for information sent by one of the field stations on the Guerrero coast to reach Mexico City. The purpose of the control system is to continually receive information on the status of the entire SAS, including the operational status of the field and com-

munication relay stations, as well as the actual detection of an earthquake in progress. Information received from the stations is processed automatically to determine magnitude and is instrumental in the decision to issue a public alert (Jimenez *et al.*, 1993). Warnings are disseminated via commercial radio stations and audio alerting mechanisms to residents of the city, 25 Mexico City public schools, government agencies with emergency response functions, the national electric power utility, and Mexico City's main public transportation system, the Metro.

The purpose of this study is to examine the Sistema de Alerta Sísmica from a policy and behavioral response perspective. We will focus on several issues including the operation of the SAS on September 14, 1995 and perceptions of the utility of the system in the aftermath of this "exercise," the potential for further deployment of the system to additional communities and organizations in Mexico City and, most importantly, the identification of transferable lessons that could inform decisions regarding the deployment of an earthquake early warning system in the United States.

EARTHQUAKE EARLY WARNING, PUBLIC POLICY AND BEHAVIORAL RESPONSE: PREVIOUS STUDIES

In the most comprehensive study of the feasibility of an operational EWS, Holden and colleagues (1989) set out to (1) identify possible earthquake scenarios for seismic activity along the San Andreas fault north of the Los Angeles metropolitan area, (2) describe and evaluate an EWS, (3) assess the value of a warning, and, (4) describe the funding, management, reliability, and liability aspects of an EWS. The conclusion reached by these researchers, based on surveys of potential users and an expert review of industrial applications, was that construction of an EWS in California was not justifiable at that time.

They found that the preference of potential users for warning times of 30 seconds or greater limited the utility of an EWS to a large event on the southern San Andreas fault. Their cost-benefit analysis revealed that an EWS must produce savings at least 50 times the annual cost of the system (equipment and maintenance costs) and 10 to 50 times the cost of a false alarm to be justifiable. Finally, the preference of potential users for human intervention and decision making rather than trusting automatic warning systems reduced the length of available warning time.

A crucial, though somewhat neglected, finding of both the surveys and the expert evaluation was that "personnel safety" was a significant EWS benefit. In addition, the survey revealed that nearly half of the respondents who reported a dollar amount when asked to estimate the cost of a false alarm indicated false alarm costs of zero dollars. In a later report prepared by the National Research Council (1991), the results of the Holden study were critically reviewed, with the NRC expressing the view that a "market survey" was an unreliable method of assessing the utility of a new technology.

There is a rich and abundant social scientific literature on behavioral aspects of natural hazard warnings. One of the areas which has generated considerable interest is individual and collective perceptions and actions in response to a natural hazard warning. An extensive literature has yielded findings that suggest beliefs and response to warnings are complex and subject to a variety of influences. Contrary to popular myths that people faced with an imminent warning will panic, studies of collective behavior in disaster warning situations have consistently found that maladaptive behavior is rare (this literature summarized in Drabek, 1986).

The social science literature suggests that people who receive warnings may at first react with disbelief followed by information-seeking behaviors that confirm or refute the message content (Mileti and Fitzpatrick, 1993). Beliefs and actions in response to warnings are also affected by various message qualities including content, source, and the number of messages received. Warning messages that are specific, particularly in terms of the nature of the threat and the location of expected impact, are more likely to produce belief and action (Perry *et al.*, 1981). Warnings issued by official sources, mainly emergency services organizations, and multiple messages also contribute to belief and action (Mileti, 1975).

In addition to warning message characteristics, response to warnings also varies with social and demographic aspects of the population at risk. One of the most important of these is past experience with the type of disaster for which a warning has been issued (Perry *et al.*, 1981). Another aspect of past experience is with previous warnings. The literature provides only ambivalent support for a "cry wolf" syndrome, that is, if warnings are issued and the predicted event does not materialize, one consequence may be reduced motivation to respond in future warnings. The impact of false alarms on future warning response is complex and various mitigating factors including fear, the media of warning communication, imminent expectation of disaster, and source credibility may operate to reduce the dampening effect of false alarms on future response (Turner *et al.*, 1986).

The studies cited above were based on warnings of greater length than any which will be produced by the technology employed in Mexico. Having a few seconds in contrast to hours or weeks of warning will introduce new and possibly important response variables. Mileti and Fitzpatrick's (1993) observation, for example, that people do not respond with protective actions upon first hearing a warning bears close examination in the context of earthquake early warning. The impact of prior experience, particularly the disastrous earthquake of 1985 and the activities of groups which emerged in its aftermath, must be closely examined as potential influences on warning response behavior.

METHODS

The primary data for this study were obtained through in-depth interviews with the providers and current users of the

SAS. The objective of the interviews with early warning system providers was to establish a detailed understanding of the development, operation, and deployment of the early warning system and the decision making process that resulted in the present system configuration. These interviews were with scientists and engineers responsible for design and construction of the system and with executive-level government officials who have responsibility for determining access, providing for the training and education of users, and making deployment decisions.

Interviews with users included representative organizations that receive early warning signals and either use this information internally (e.g., the national electric utility, emergency management agencies, etc.) or pass warning messages on to various segments of the population (e.g., radio stations, school officials, etc.). Finally, some end users were interviewed, although the scope of this project did not include representative sampling or survey methods.

In addition to approximately twenty-five interviews, other data were assembled including maps, communications and duty logs, memoranda, government and utility company after-action reports, and other documentary information. We also obtained copies of major newspaper articles on the earthquake of September 14, 1995 and its aftermath, particularly those which mention the SAS or editorials which expressed opinions about the value of the SAS, although apparently few were written.

FINDINGS AND OBSERVATIONS

SAS and Public Response to the Alert of September 14, 1995

At 8:04 AM on Thursday, September 14, 1995, a magnitude 7.2 earthquake occurred in the Mexican State of Guerrero, approximately 95 miles east of Acapulco and 190 miles south of Mexico City.

Upon the occurrence of the earthquake, the early warning system was activated and a signal was received in the capital 72 seconds prior to the arrival of ground motion. Although some minor damage occurred, there were no deaths, injuries, or structural collapse in Mexico City. The successful operation of the warning system, however, had very significant implications for public safety had the earthquake generated damaging level ground motion.

The early warning system triggered alarms in those Mexico City public schools equipped with SAS receivers. The ensuing evacuations, according to Department of Education officials, were orderly and well coordinated. Since the 1985 earthquake, evacuation drills at schools are held at least monthly and in some cases with greater frequency. Earthquake education and response readiness in the schools has been a key component of Mexico's seismic safety program, and the successful execution of this evacuation was considered the most significant payoff of the early warning system in this earthquake.

A total of forty-six radio stations are equipped with receivers that carry the alert signal from SAS. In eighteen of these stations, the warning, which consists of a clearly identifiable tone and the statement "alerta sísmica, alerta sísmica" is automatically broadcast without the intervention of human operators. In the remainder of radio stations, a diskette must be inserted into broadcasting equipment in order to play the alert message. According to the public officials with whom we spoke, all participating radio stations relayed the alert message on September 14.

In the Mexico City community of El Rosario, towers broadcast a clearly audible signal when the SAS is activated and this system functioned without difficulty at 8:04 on September 14, providing residents of the community adequate time to evacuate their apartments. A community organization had been created after the 1985 earthquake disaster that conducted training in appropriate response actions including those which should be taken in a warning situation. Residents indicated that they and others around them were frightened when the signal sounded but responded by turning off gas and lights and evacuating their buildings according to established procedures and with the assistance of residents assigned to direct people to the pre-designated evacuation routes and outdoor assembly locations. No one with whom we spoke reported witnessing behavior such as running, shoving, or other actions associated with extreme fear and flight reactions.

In an effort to raise awareness of the SAS and provide instructions on how best to respond to an alert, the government of Mexico City developed and disseminated a brochure to two million households. This brochure describes how the early warning system works and gives instructions as to how residents should respond to an alert as well as advice on preparedness activities and actions to take during an earthquake and after the shaking has ceased. The section of the brochure that addresses activity during the alert period recommends: turning off utilities, opening emergency doors, helping children, older persons and others requiring assistance, and either taking cover inside or evacuating the building using pre-designated routes (not elevators).

The Aftermath of September 14: Expansion or Stasis for SAS?

A plausible hypothesis in the aftermath of the September 14, 1995 alert was that individuals, organizations, and communities would seek greater participation in the SAS program and that the public and private organizations that cooperate to provide earthquake early warnings for Mexico City would aggressively move toward expansion of SAS. It must be recalled that SAS is an experimental program and that coverage is not universal. The September alert was widely interpreted as successful and could have saved many lives had the earthquake caused damage.

Based on our interviews and other documentation, there appears to be neither a strong surge of public demand for participation nor an aggressive strategy by the Mexico

City government to expand SAS to new segments of the population. Although we were somewhat surprised by this finding, our investigation revealed political, economic, sociological, and technical factors that make the future of SAS uncertain. Clearly, there are factors or conditions which contribute to a future comprehensive deployment of SAS as well as to its potential stagnation or even abandonment.

Perhaps the most compelling reason for the further deployment of SAS, and a key factor in its initiation, is the legacy of the September 19, 1985 earthquake. This legacy includes the heightened awareness of the risk of major damage and loss of life in future earthquakes, advocacy for effective programs of preparedness and mitigation, and major changes in the philosophy of civil protection in Mexico. In the aftermath of this earthquake, there were militant demands for programs to reduce hazards and one of these programs was the SAS. There is also widespread belief among residents of Mexico City that many buildings in the city were damaged and thereby weakened in 1985 without being repaired or strengthened to withstand future earthquakes.

There are also reasons why there is neither advocacy nor widespread demand for expanded access to SAS. The SAS radio receivers are expensive, approximately \$2,000 US and many organizations, the school district, and community-based organizations find this cost prohibitive. Government agencies indicated that they were unable (or unwilling) to subsidize the expansion of SAS due to the expense. During our visit to CIRES, we were shown a prototype receiver which is smaller, more mobile and far less expensive (approximately \$300) than the first generation of receivers. This innovation may prove to be an important incentive to further deployment of SAS.

Mexico City's earthquake early warning system had a strong advocate in former Regent (the equivalent of city mayor) Manuel Camacho Solís. It was under Camacho's administration that the SAS was initially deployed on an experimental basis. Camacho's departure from office, motivated by the desire to run for Mexico's presidency, created a two-fold problem for SAS. His absence from the regency left SAS without a powerful ally and Camacho's departure from the PRI, Mexico's dominant political party, to run as an opposition candidate may have jeopardized the future of SAS, a system closely identified with the former Regent. There is no elected official in Mexico of Camacho's stature who has stepped forward as an advocate of SAS. In addition, SAS has never enjoyed a consensus endorsement by the engineering and seismological communities within Mexico City's two main universities.

Potential advocacy might come from two other sources, the media, or the public. Despite the extensive participation of Mexico City's commercial radio stations in conveying the SAS message to the public, there does not seem to be a concerted effort on the part of the media to push for an extension of SAS. Currently, 46 of 52 radio stations are equipped to convey SAS messages when triggered. Televisa, Mexico's

largest telecommunications organization, which controls the city's television station and six radio stations, has declined to participate in SAS. We monitored the print media for articles that appeared in the aftermath of the September 14, 1995 alert and, in the coverage obtained, failed to find a clear statement of advocacy for further deployment of the SAS.

The Mexican economy is in the midst of a crisis with devaluation of the peso, rising prices, and serious unemployment. An even more salient issue is the political situation in which highly visible public scandals and widespread dissatisfaction with one party dominance has led to greater demands for democratization and reform. Although the memories of September 19, 1985 are still vivid for many residents of Mexico City, the present political and economic crises and the every day manifestations of them have pushed the seismic safety issue into relief, at least for now.

Mitigation and Life Safety as Objectives of SAS

The two major potential benefits of an earthquake early warning system are life safety and hazard mitigation. A warning that strong ground motion is approaching a populated area provides an important advantage in that protective actions can be taken to reduce the risk of injury such as the evacuation of vulnerable structures, locating safe areas within structures, exiting elevators, or moving away from other sources of danger. Although the life safety factor might also be considered mitigation, we would like to distinguish the two and define mitigation as actions in response to an alert that alter processes to reduce the likelihood of damage and disruption. The type of actions visualized here include automatic shutdown procedures, redirecting telecommunications to avoid area overloads, and other actions.

Holden *et al.* (1989) focused heavily on hazard mitigation in their assessment of the feasibility of implementing an earthquake early warning system in California. The major types of facilities for which data were available were fossil-fuel and hydroelectric power plants, electrical distribution substations, oil processing and refining facilities, water treatment and pumping stations, natural gas processing stations, manufacturing facilities, and large commercial facilities, including hospitals. The database consisted of observations from 82 facilities damaged in 17 earthquakes. The conclusion drawn from these observations was that "with very few exceptions, earthquake warning does not appear to be of significant value in the mitigation of damage to engineered structures or their internal components" (Holden *et al.*, 1989, p. 30). The engineers who conducted this portion of the study noted that the only potential application of EWS was in an area not included in their study, personnel safety. Their conclusion was that personnel safety could be improved by early warning systems in every type of manned facility examined.

If life safety and hazard mitigation are viewed as alternative (though obviously related) benefits of an earthquake early warning system, both the providers and users of SAS have unequivocally chosen life safety as the primary system

objective. The SAS deployment in schools, the audible signal in El Rosario and as broadcast by 46 Mexico City radio stations is clearly directed at life safety. In other applications where we expected to see mitigation as the principal objective (*i.e.*, the Metro and national electric power utility), life safety concerns also prevailed. Interviews with transportation engineers at the metro and with utility operators revealed that the principal concern was for the safety of passengers and personnel, respectively, for these organizations.

System Reliability: The Specter of False Alarms and Missed Events

There are two types of potential error in the operation of earthquake early warning systems. False alarms involve the activation of an early warning system for earthquakes with magnitudes below some predetermined threshold or events (*e.g.*, microwave noise, etc.) that are not earthquakes. A second and far more dangerous error is a missed event, a situation in which the system fails to announce the approach of dangerous ground motion to which the population is exposed without warning.

The potential consequences of these errors have been the subject of considerable discussion and have factored heavily in debates over the social value of earthquake early warning systems (Holden *et al.*, 1989; National Research Council, 1991). The conventional wisdom is that false alarms may be quite detrimental to those organizations whose warning period response involves curtailing processes that are vital to large numbers of people (*e.g.*, utilities), taking action that negatively affects corporate profits or serves to compromise the credibility of authorities who issue the alert. It has also been argued that frequent false alarms result in the propensity of people to ignore future warnings, the "cry-wolf syndrome" as it is sometimes called. The consequences of a missed event, assuming that an earthquake early warning system has become an established element of public safety, could be catastrophic if lives could have been saved.

According to Espinosa-Aranda *et al.* (1995), a total of 287 events were detected and recorded between August 1991 and September 1995. Fifteen of these earthquakes were greater than magnitude 5, the threshold for restricted (non-public) warning. During this period, the SAS experienced three technical failures, one missed event and two false alarms. The missed event occurred on October 24, 1993 and involved a M6.7 event for which there was no public alert due to a software error. This event did not cause damage or injuries in Mexico City. The other two system failures were false alarms. The consequences of these errors are unknown as there were no studies or after-action assessments (other than technical) to determine their impact, if any, on public policy or perceptions.

Information obtained in our interviews suggests that when life safety is considered the primary objective of an earthquake early warning system, false alarms are likely to have a less deleterious impact on response to future alerts than might be expected in systems in which mitigation is

primary. A senior Mexico City Department of Education official told us that the district considers a possible false alarm as simply another opportunity to drill faculty and students and that the temporary disruption in the instructional program is a small price to pay for increased confidence in response readiness. This readiness to tolerate false alarms was shared by other SAS users as well. We might hypothesize that if the SAS is eventually linked to systems whose curtailment or alteration causes significant disruption of services or financial loss, tolerance for false alarms will drop significantly. The relatively high false alarm tolerance we observed might also be traceable to the disaster subculture of Mexico City, the legacy of 1985, and perhaps to Mexican culture in general.

Behavioral Response to Imminent Alerts

A common predilection, probably fueled by media portrayals of behavior in crisis situations, is to assume that any imminent warning involving a large number of people will be accompanied by confusion, chaos, and panic. But years of disaster research have revealed that human response to the threat or actual occurrence of disaster is largely controlled, rational, and adaptive (Drabek, 1986). The operation of SAS and the activation of the system on September 14, 1995 provide an opportunity to revisit some of the insights contained in this literature and to separate stereotype from reality.

Much of the literature on warning behavior centers on disasters for which lengthy warning times are available (*e.g.*, hurricane, tornado, volcanic hazard, etc.). For example, Perry *et al.* (1981) found that beliefs and actions in response to warnings were affected by various qualities of message content, and Mileti (1975) observed that multiple messages contributed to belief and action. But SAS messages have little content and the time frame of a few seconds makes multiple messages impossible. It appears, however, that the SAS signal and repeated phrase "Alerta Sísmica!" during the signal is widely recognized as an officially issued warning from credible authorities.

One finding which is not warning-time-dependent is the important role played by prior experience with the type of disaster for which a warning is issued. The finding of Perry *et al.* (1981) that the probability of undertaking adaptive behavior in response to a warning was greatly enhanced among those who had experienced a damaging event in the past is clearly applicable to the Mexico City situation. The catastrophic 1985 earthquake has been a major factor in the propensity of Mexico City residents to take SAS warnings seriously and to respond adaptively. We might also speculate that the importance of this recent past experience with a major earthquake disaster would, as Turner (1986) suggests, reduce the dampening effect of false alarms on response to future earthquake warnings.

Mileti and Fitzgerald's (1993) observations regarding information seeking and confirmation prior to taking action in response to a warning suggest that timely response to SAS warnings could be problematic. That is, a few seconds of

warning provide little time for interaction with others or confirmation of the message through multiple channels. To some extent, the immediate reactions of others nearby provide cues which undoubtedly affect response behavior. The immediate behavior of parents, informal leaders, and, where organized response to SAS alerts has been established, designated response coordinators is important for the adaptive response of others. Unfortunately, our data permit only speculation on many of these important findings from past studies and additional research is needed to examine behavior in imminent warning situations.

Preliminary findings of a study of behavioral response to the September 14, 1995 alert are quite suggestive that an imminent warning can produce adaptive responses. Arjonilla (personal communication, 1996), in comparing the behavioral response of schoolchildren in institutions equipped with SAS receivers and those without, found that children in SAS-equipped schools showed fewer stress-related symptoms (e.g., fear, distraction, restlessness, etc.), were able to return to and refocus on the academic program more quickly, and were less likely to be removed from school by parents on the day of the earthquake than were students at the non-SAS-equipped schools.

CONCLUSIONS AND OBSERVATIONS: EWS IN MEXICO AND THE US

Geography of EWS: Mexico City and Southern California

While the tectonic setting of the Mexican capital is ideal for an early warning system, critics of EWS have pointed out there are many earthquakes in the US, including several recent damaging southern California earthquakes (e.g. San Fernando, 1971; Whittier Narrows, 1987; Sierra Madre, 1991; and Northridge, 1994), for which the Los Angeles metropolitan area would have received little or no early warning, had there been a system in place. There are scenarios, however, in which an EWS could provide as much warning as was received in Mexico City, such as an event on the southern San Andreas fault. Major earthquakes on the San Jacinto, Garlock, and Whittier-Elsinore faults might also be preceded by enough warning to take protective actions. Possibly as many as one in three earthquakes likely to cause damage and casualties in the Los Angeles area might be preceded by warnings of various lengths in an EWS based on networks in southern California (L. Jones, personal communication, 1995).

Life Safety and Mitigation as Objectives of EWS

Based on our study, we would suggest that any policy-level decision regarding the development, pilot deployment, and ultimate operation of a publicly available earthquake early warning system in the United States must be made with careful consideration of both life safety and hazard mitigation. It appears that in the presence of a relatively prevalent earthquake subculture such as exists in Mexico City, community consensus may be built around life safety as the sole jus-

tification for an EWS. It is extremely unlikely, however, that EWS can be justified solely as a means of avoiding financial losses in a commercial and industrial setting or of providing industry with large financial savings derived from mitigative actions undertaken within a few seconds.

Reliability Factors and the Actual and Perceived Impact of System Errors

The lesson of both SAS in Mexico City and real-time seismic information programs in California is that experimental deployment of a new technology and its transition to operational status requires a well-considered strategy and a long view of benefits, risks, and consequences. Based on information assembled in this study and previous research, we suggest that the impact of system errors is likely to be minimized if an early warning system is first carefully introduced to a well-briefed and receptive audience of experimental users and, when experimentation has achieved an acceptable level of technical reliability and public acceptance, a transition is made into an operational mode. The essential point here is that an earthquake early warning system will never be error-free and that the most critical variable is the achievement of a consensus among users as to its indispensability to public safety.

The Social Demography of Acceptance: Mexico City and Southern California

Our observations regarding the potential for public acceptance of an EWS in the United States are at variance with the assumption that an earthquake early warning system must provide the private sector with mitigation opportunities that translate into millions of dollars in savings. Based on our interviews and the social science disaster research literature, it appears that the presence of a constituency or "culture of acceptance" for a new technology like earthquake early warning or real-time seismic information is a more critical factor than its ability, at least initially, to pay dividends. This constituency is likely to emerge in a disaster-experienced population (a disaster subculture) and must be nurtured through advocacy and must be supported by the major institutions in the community (i.e., the media, local government, and community leaders). Both northern and southern California have experienced recent damaging earthquakes, state and local governments have sponsored programs to promote public awareness and preparedness, the news media have been supportive of new technologies to reduce earthquake hazards, and the scientific community has provided advocacy. Thus, our conclusion is that the current environment is conducive to the introduction of an experimental program to provide earthquake early warnings in California.

The Organizational Basis for EWS

Mexico City's SAS is a cooperative venture between a private non-profit organization, Centro de Instrumentacion y Registro Sísmico (CIRES) and the government of Mexico City (Dirección de Obras Públicas and Dirección de Protección

Civil). This cooperative effort has proven advantageous in the experimental phase of SAS, although there has been an apparent lack of vision on the part of the government in developing a strategic plan for moving SAS from the experimental to the fully operational phase of development. The organizational scheme most likely to result in a pilot earthquake early warning system in California is also a public-private partnership. The Tri-Net group (made up of public and private institutions) proposes to enhance the real-time capabilities of the Southern California Seismic Network, including the capability of providing earthquake early warnings. Additional participation would be needed, including that of state and local emergency services organizations. Given the regional scope of a major earthquake, the California Office of Emergency Services (OES) would most likely issue public warnings and public education and planning would be a joint responsibility of OES and local government. ☒

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the National Science Foundation for providing financial support for this project and the National Institute of Standards and Technology for financial assistance during our preliminary reconnaissance visit to Mexico City September 27–29, 1995. We are also indebted to Mario Sosa Ordone, who generously contributed his insights and understanding of Mexico's emergency management system and provided invaluable assistance in curing appointments with both providers and users of the Sistema de Alerta Sísmica.

REFERENCES

- Arjonilla, Elia (1996). Personal communication regarding response of students, parents, and faculty in Mexico City to the SAS alert on September 14, 1995.
- Drabek, Thomas E. (1986). *Human System Responses to Disaster: An Inventory of Sociological Findings*. Springer-Verlag, New York.
- Espinosa-Aranda, Juan Manuel (1995). Sistema de alerta sísmica, *Ingeniería Civil*, 317, 38–40.
- Espinosa-Aranda, Juan Manuel, M. A. Jimenez, G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostroza and S. Maldonado (1996). Results of the Mexico City early warning system, *Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco, Mexico, June 23–28, 1996.
- Esteve, L. (1988). The Mexico Earthquake of September 19, 1985—Consequences, Lessons, and Impact on Research and Practice, *Earthquake Spectra*, 4, No. 3.
- Heaton, Thomas, Robert Clayton, James Davis, Egill Hauksson, Lucille Jones, Hiroo Kanamori, James Mori, Ron Porcella, and Tony Shakal (1996). *The Tri-Net Project, Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering*, June 23–28, Acapulco, Mexico.
- Holden, R., R. Lee, and M. Reichle (1989). *Technical and Economic Feasibility of an Earthquake Early Warning System in California*, report to the California Legislature, California Division of Mines and Geology.
- Jimenez, A., J.M. Espinoza, F. Alcantar and J. Garcia (1993). Analisis de Confiabilidad del Sistema de Alerta Sísmica, *Memoria del X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Puerto Vallarta, Jal., Mexico.
- Jones, Lucile (1995). Personal communication regarding EWS in southern California.
- Mileti, Dennis S. (1975). *Natural Hazard Warning Systems in the United States: A Research Assessment*, Boulder, Colorado. Institute of Behavioral Science, The University of Colorado.
- Mileti, Dennis S., and Colleen Fitzpatrick (1993). *The Great Earthquake Experiment Risk Communication and Public Action*, Westview Special Studies in Society, Technology, and Public Policy, Boulder, San Francisco and Oxford, Westview Press, Inc.
- National Research Council (1991). *Real-Time Earthquake Monitoring: Early Warning and Rapid Response*, Panel on Real-Time Earthquake Warning, Committee on Seismology, Board on Earth Sciences and Resources, Commission on Geosciences, Environment and Resources, National Academy Press, Washington, DC.
- Perry, Ronald W., Michael K. Lindell, and Marjorie R. Greene (1981). *Evacuation Planning in Emergency Management*, Lexington Books, Lexington, Massachusetts.
- Turner, Ralph H., Joanne M. Nigg, and Denise Heller Paz (1986). *Waiting for Disaster. Earthquake Watch in California*, University of California Press, Berkeley.

*EQE International, Inc.
Center for Advanced Planning and Research
18101 Von Karman Ave., Suite 400
Irvine, California 92612*

Mexico City Seismic Alert System

J. M. Espinosa Aranda

A. Jiménez

G. Ibarrola

F. Alcantar

A. Aguilar

M. Inostroza

S. Maldonado

Fundación Javier Barros Sierra, A.C.

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C.

México, D.F.

INTRODUCTION

The Seismic Alert System (SAS) for Mexico City has been operating as an experimental evaluation project since August, 1991. The aim of this project is to mitigate the effects of earthquakes generated in the Guerrero Gap. There is an advantage of 60 sec average for an early warning before a quake that occurs on the Guerrero coast strikes Mexico City, 320 km away. The system is designed to broadcast a universal alert for earthquakes in Guerrero above the threshold $M \geq 6$, and a limited alert for earthquakes with $M \geq 5$. The warning radio receivers are installed in elementary schools, commercial radio stations, offices of Civil and Mexican government agencies, universities, public services, and housing complexes. The civil authorities have backed up the project by increasing the preparedness of the people, to ensure that if an earthquake occurs people are ready to get through it safely and respond effectively, even in the case of a false alert.

The Michoacan earthquake of September 19, 1985 caused many deaths and severely damaged many buildings in Mexico City. On the other hand, the San Marcos and Guerrero gaps have the highest seismic risk in the Pacific Coast (Anderson *et al.*, 1987, 1989a, 1989b), and if the major earthquake ($M > 7$) expected in these gaps takes place, the damage in Mexico City would be similar to that in the Michoacan earthquake (Anderson *et al.*, 1993), because the seismic waves are enormously amplified at lake bed sites and even at hill zone sites (Ordaz *et al.*, 1992).

The idea of an earthquake warning system was proposed as early as 1868 by Cooper (Nakamura *et al.*, 1988), and the UrEDAS warning system has been in service in Japan for more than 20 years (Nakamura and Saito, 1982). A model for a seismic computerized alert network (SCAN) (Heaton, 1985) was proposed to process this information automatically and initiate safeguard actions. More recently, an Earthquake Warning System has been installed in Taiwan (Lee *et*

al., 1995a). Additionally, systems for rapid disaster response in the cities have been proposed and implemented. The Caltech-USGS Broadcast of Earthquakes (CUBE) sends to the emergency operation centers in California information about epicenter and magnitude and a map of the areas most likely to have sustained the worst damage.

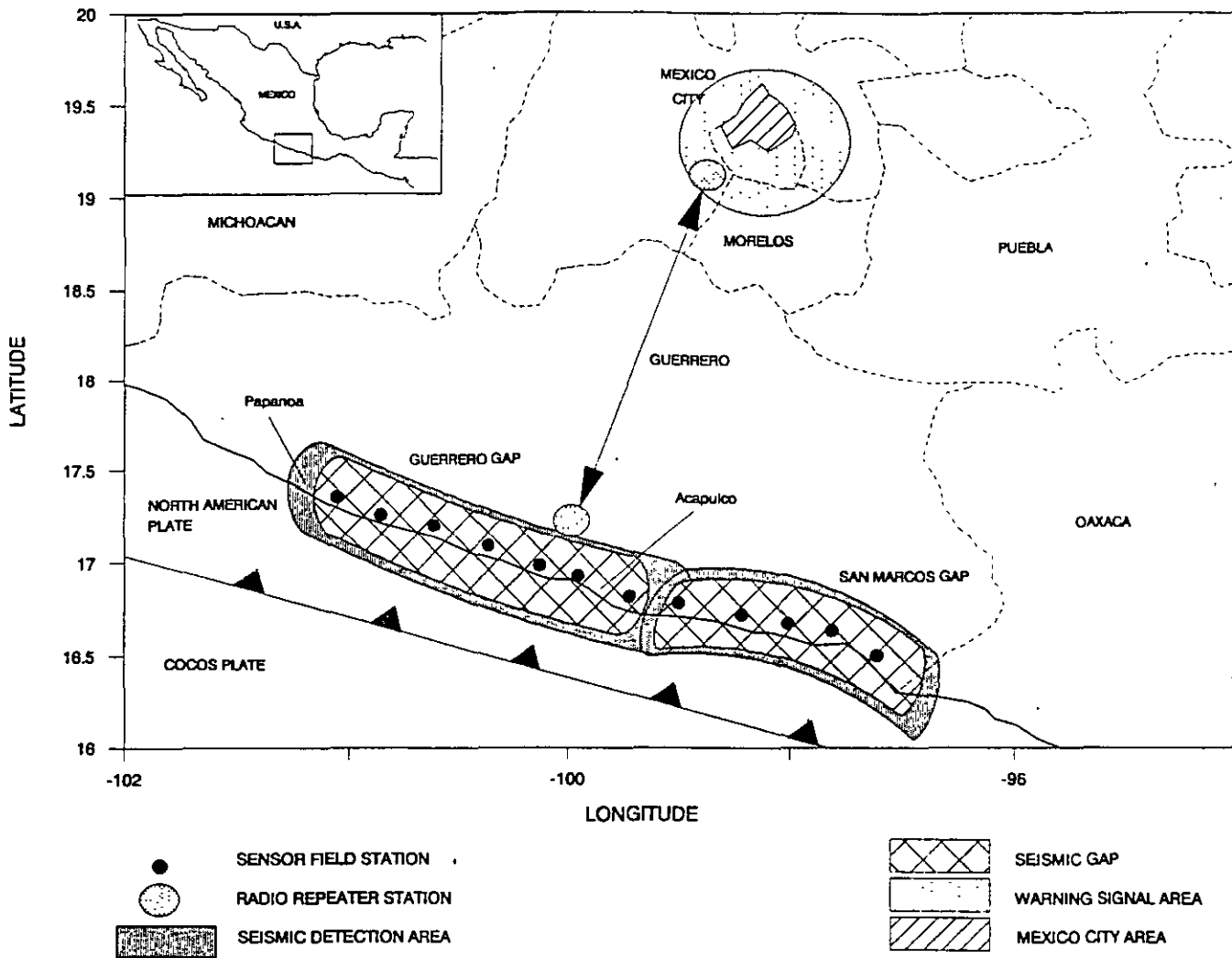
In Mexico, the Engineering Institute of the National University of Mexico (UNAM) operates the Seismotelemetric Information System of Mexico (SISMEX) (Prince *et al.*, 1973), an analog real time radio telemetry system where recordings of the remote events typically are made in the central installation on campus before the ground shaking arrives. SISMEX was developed by the UNAM in a joint project with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, Paris) in 1968–70. This telemetry network was designed for strong motion recording. The system started to operate in 1970 and has been operating continuously to date. The experience gained in the design, installation, operation and maintenance of SISMEX has been used in the implementation of the Mexico City early warning Seismic Alert System.

MEXICO CITY SEISMIC ALERT SYSTEM

The Seismic Alert System for Mexico City has been operating as an experimental project since August, 1991. The aim of this project is to mitigate the effects of earthquakes generated in the Guerrero Gap. The velocity difference between seismic and radio waves gives an advantage of 60 sec average for an early warning before an earthquake strikes Mexico City.

The Seismic Alert System (SAS) was designed in 1989 (Espinosa Aranda *et al.*, 1989a). The system consists of four parts: the Seismic Detection System, a Dual Telecommunications System, a Central Control System, and a Radio Warning System for users.

When an earthquake is detected by the field stations, warning messages are sent from the remote sites on the coast



▲ Figure 1 Schematic array of the Seismic Alert System, covering the Guerrero and San Marcos Gap.

of Guerrero to the central control system in Mexico City, where they are processed and evaluated, and if it is determined that the event is M_1 ($M \geq 6$) or M_2 ($6 > M \geq 5$), an encoded signal is broadcast to trigger the alerting radio receiver, which warns the community.

Seismic Detection System

The Seismic Detection System consists of 12 digital strong motion field stations distributed at approximately 25-km intervals along the Guerrero Coast. The source area covered is all the coast of the Guerrero state (Figure 1). The field station consists of sensors, a data acquisition board, a standard commercial IBM PC-compatible Laptop microcomputer, and a VHF radio transmitting system. The sensors are silicon piezoresistive triaxial accelerometers. The microcontroller based acquisition board samples 10 bit data at a 100 Hz sampling rate. The Laptop microcomputer does the data processing and stores the data in a standard 3.5" floppy disk. The VHF radio transmits the information of

earthquakes detected to a Central Radio Relay Station located near Acapulco.

Each SAS field station makes the local event detection and analysis to estimate its energy and growth rate on the site, and then the information is sent to the central control system, where it is compared with a function constructed from historical records to determine the magnitude of the event detected. If any other station sends an equivalent message corresponding to the same event, then the early warning alert is issued. This method has redundancy because there are several stations that can back up each other in case one station fails; experience has demonstrated that in a major earthquake several stations detect the event one after the other. The communication system sends information only when an event happens.

Each field station detects any seismic event of interest for focal distances less than 100 km. Thus, the area covered by the system or window of acquisition is approximately 450 km long and 200 km wide. This fact has been considered in

73

TABLE 1
Summary of Earthquakes Detected
in the Capture Zone

Magnitude	M_1 $M \geq 6$	M_2 $M \geq 5$	$M < 5$	Event Not Confirmed	Total
7.3	1				1
6.7	1				1
6.3		1			1
6	1				1
5.8	1				1
5.6		1			1
5.2		2			2
5.1		1	2	2	5
5	1	1	1	4	7
4.9		1	2	5	8
4.8	2	2	6	5	15
4.7			2	3	5
4.6			2	5	7
4.5				7	7
4.3		1	1		2
Total	7	10	16	31	64

designing the seismic trigger algorithm for the SAS. The seismic signal detector is of the Short Term Average/Long Term Average Ratio (*STA/LTA*) type. Each field station senses in real time the P and S phases of the seismic wave arrival, and the algorithm uses the average square input as a characteristic function for detection and energy magnitude evaluation. If the function exceeds a given threshold, then a P phase has been detected, and a second threshold is used to detect the S phase arrival (Espinosa Aranda *et al.*, 1989b). The algorithm was tuned up with earthquakes $M > 5$. Data of the Guerrero Network (Anderson *et al.*, 1989b) were used to calibrate the trigger algorithm. After detection and energy level evaluation with the first arrival of a signal, the field station determines if a message is to be sent to the Central Station in Mexico City. Once this message is sent, it is not reevaluated by the field station.

Dual Telecommunications System

The communication system is based on one VHF Central Radio Relay Station near Acapulco and three UHF Radio Relay Stations distributed along the route to Mexico City. To improve reliability, the SAS was designed to be redundant with two independent communication paths, sending the duplicated data through different radio frequencies. Additionally, every twelve hours each field station generates and transmits its own signal code to validate that it is operating and to verify the communication link.

TABLE 2
Time Advantages of Early Messages
Issued as M_1

Event	Magnitude	Early Warning Time (Anticipating time)
Nov 9, 1992	4.8	-
May 14, 1993	5.8	65 sec
May 14, 1993	6.0	73.5 sec
May 15, 1993	4.8	58 sec
Oct 24, 1993	6.7	58 sec*
Sep 14, 1995	7.3	72 sec
Sep 15, 1993	5.0	70 sec

*evaluated as M_1 , but issued as a *supervision* message.

TABLE 3
Time Advantages of Early Messages
Issued as M_2

Event	Magnitude	Early Warning Time (Anticipating time)
Mar 31, 1993	5.1	46 sec
Sep 10, 1993	4.9	70 sec
May 22, 1994	5.6	30 sec
Oct 29, 1994	5.1	58 sec
Dec 10, 1994	6.3	34 sec

Central Control System

The central control system is also a redundant dual system. Each subsystem includes a 486 IBM PC-compatible computer, a radio receiver, and a radio transmitter. The central control system is located at the facilities of the Centro de Instrumentacion y Registro Sismico (CIRES) in Mexico City. The messages received from the field stations in Guerrero are processed and are considered valid only if an earthquake is detected by two or more stations.

In order to generate an early warning signal to the public, two thresholds are defined: M_1 ($M \geq 6$) and M_2 ($6 > M \geq 5$). When an earthquake M_1 or M_2 is determined, a warning message is automatically broadcast by the UHF radio transmitter located in the central control station. In case of ambiguity between two stations with messages M_1 and M_2 from two stations, the message with greater magnitude is the one that is broadcast.

There are two warning signals that can be issued to the public.

- a general alert that is issued to all the public when the event satisfies the M_1 threshold. This triggers commercial radio stations, CIRES radio receivers, and digital receivers.
- a restricted warning that is issued when the event is M_2 and triggers all CIRES radio receivers installed except those corresponding to the commercial radio stations.

Additionally, there are radio supervisory signals that are sent periodically by the central control station to the CIRES radio receivers that allow users to verify that their system is functioning properly.

Radio Warning System

When an early warning is issued by the central control system radio transmitter, the general public has three possible ways to receive this message. In other words, there are three different types of radio receivers: those made by CIRES, the standard commercial AM/FM radio receivers, and digital receivers.

The custom radio receivers supplied by CIRES are currently installed in 31 elementary schools, 25 commercial radio stations, the offices of the XXXVI District of the Mexican army, the offices of the Mexican Power Generation Company (*Comision Federal de Electricidad*), the Mexico City subway transportation system (*METRO*), an office of the Mexico city government (*Secretaria General de Obras*), the Civil Disaster Management office (*Proteccion Civil*), the Central Agency for Disaster Prevention (*CENAPRED*), the police department of the state of Mexico (*Direccion General de Seguridad Publica, Policia y Transito*), the law enforcement task force (*Procuraduria General de Justicia*) and some universities like the UNAM and the Monterrey Institute of Technology; all of them contribute in funding the project. Also, there are 11 strong motion accelerometers from CIRES installed in Mexico City, which are triggered remotely with the early warning. This remote trigger of accelerographs is also done in other accelerograph networks installed in Mexico City by the UNAM and CENAPRED (Quaas, *et al.*, 1990).

The early warning in standard commercial AM/FM radio receivers is sent by means of a CIRES receiver installed in the commercial radio stations that automatically triggers a previously recorded voice message which is broadcast to warn all the people who are listening to the radio at that moment.

At present there are two types of CIRES radio receivers. One is installed only in the commercial radio stations and is set to warn when an event M_1 is detected. The other is set to trigger when an event is M_1 or M_2 , and is installed in all other places.

The digital receivers are at present under evaluation. They are commercial devices operating in a stand-by mode that can be activated using a digital signal. They are capable

of detecting an encoded signal simultaneously sent with the normal broadcast, and they allow the remote turn-on of sirens or loudspeakers placed in streets, squares, and other selected public places.

DETECTION RESULTS

The system has detected and recorded, from August, 1991 to September 20, 1995, 292 events: 7 $M \geq 6$, 12 $M \geq 5$; 19 $M < 5$; and 254 with lower magnitude. The system was tuned to detect events $M > 6$, so the magnitude of events lower than $M < 4$ are not determined and are classified as *EVENT NOT CONFIRMED*. The system has had three technical failures, one of which generated the issuing of the public warning signal.

The earthquakes detected within the area of the acquisition window or capture zone are: 7 as $M \geq 6$, 10 $M \geq 5$, 16 $M < 5$; and 31 *EVENTS NOT CONFIRMED* as shown in Table 1. The first column indicates the magnitude reported by the Seismological Service of the UNAM, the following columns indicate how the system evaluated the events, $M \geq 6$, $M \geq 5$, $M < 5$, and *EVENT NOT CONFIRMED*. The last column shows the type of early warning issued, which could be M_1 , M_2 or no warning.

The early warning times for earthquakes in the M_1 and M_2 categories are given in Tables 2 and 3. The detection of earthquakes M_1 has given time advantages ranging from 58 to 73.5 sec as shown in Table 2. The first four M_1 messages in Table 2 were issued to all users except the AM/FM radio commercial stations, which were connected in August 1, 1993. Also the first and fourth events were overestimated due to erroneous site factors, which were later corrected.

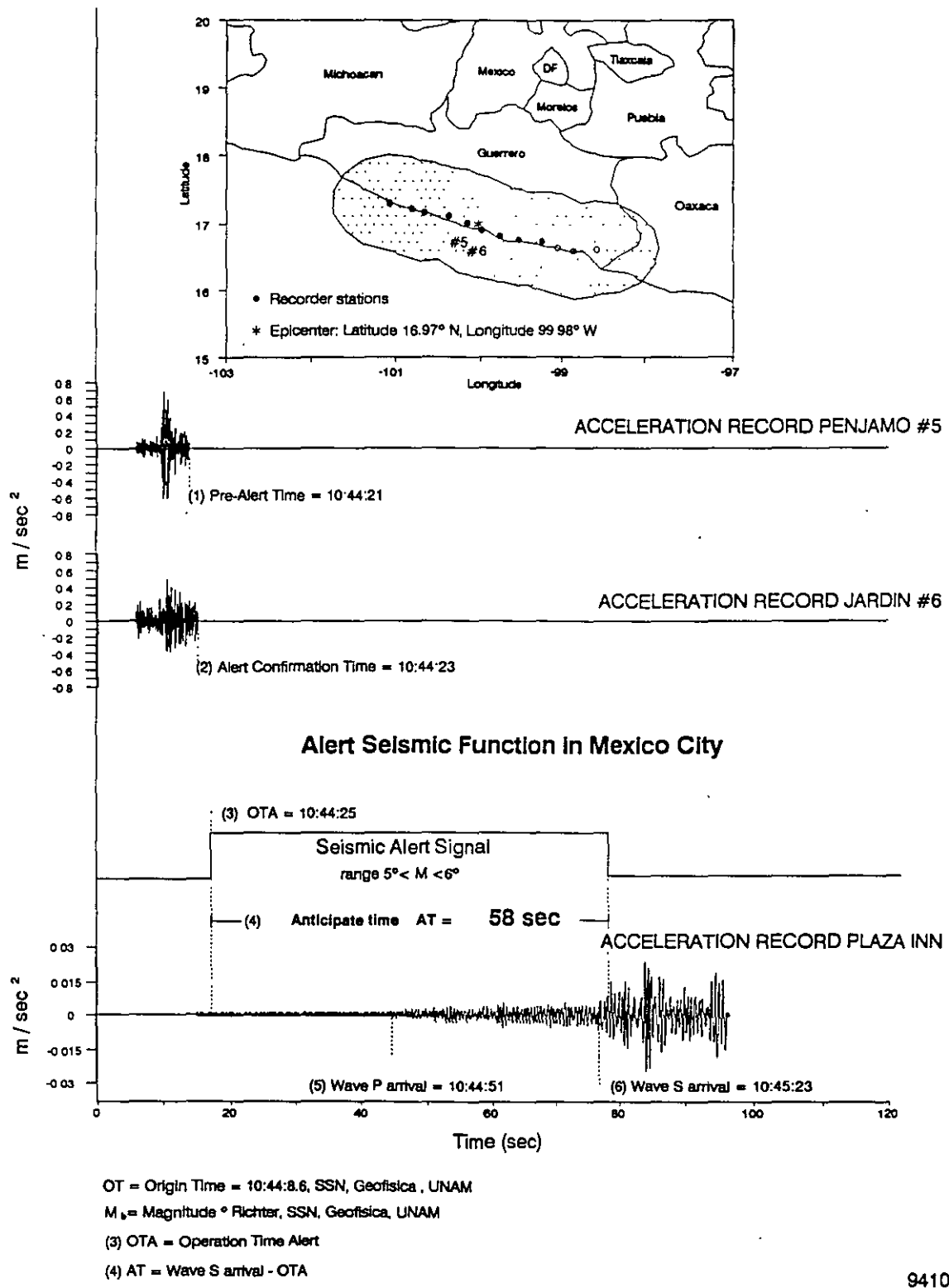
The anticipation times in Tables 2 and 3 were calculated using the records of the Guerrero field stations and a record triggered by the early warning in Mexico City. The trigger of the Mexico City accelerometers is done with the early warning signal. The anticipation time of the event of November 9, 1992 was not calculated because we had no record in Mexico City of this event with which to compare. Table 3, with earthquakes in category M_2 has fewer events because we do not have records in Mexico City to calculate the advantage time. The time advantages range from 30 to 70 sec.

Figures 2, 3, 4 and 5 illustrate the system performance for the events of May 14, 1993, October 29, 1994, December 10, 1994 and September 14, 1995. Figure 2 shows records for an M_2 alert on October 29, 1994. The map shows the location of the stations triggered. Below that, in real time, the figure shows the earthquake records gathered by the field stations, the time when the alert was on, and one of the earthquake accelerograms registered in Mexico City. For the two events on May 14, 1993, M 5.8 and M 6.2, two early warnings were issued, with advantages of 34 and 73.5 sec (Figure 3). The overhead time of the communication channel is typically 1 sec. Figure 4 shows the information for the M_2 alert on Dec 10, 1994, and figure 5 shows the information for the successful M 7.3 warning on Sep 14, 1995.

75

CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC SEISMIC ALERT SYSTEM

EVENT RECORDED ON OCTOBER 29, 1994, IN GUERRERO, OT=10:44:08.6, M = 5.1 °Richter

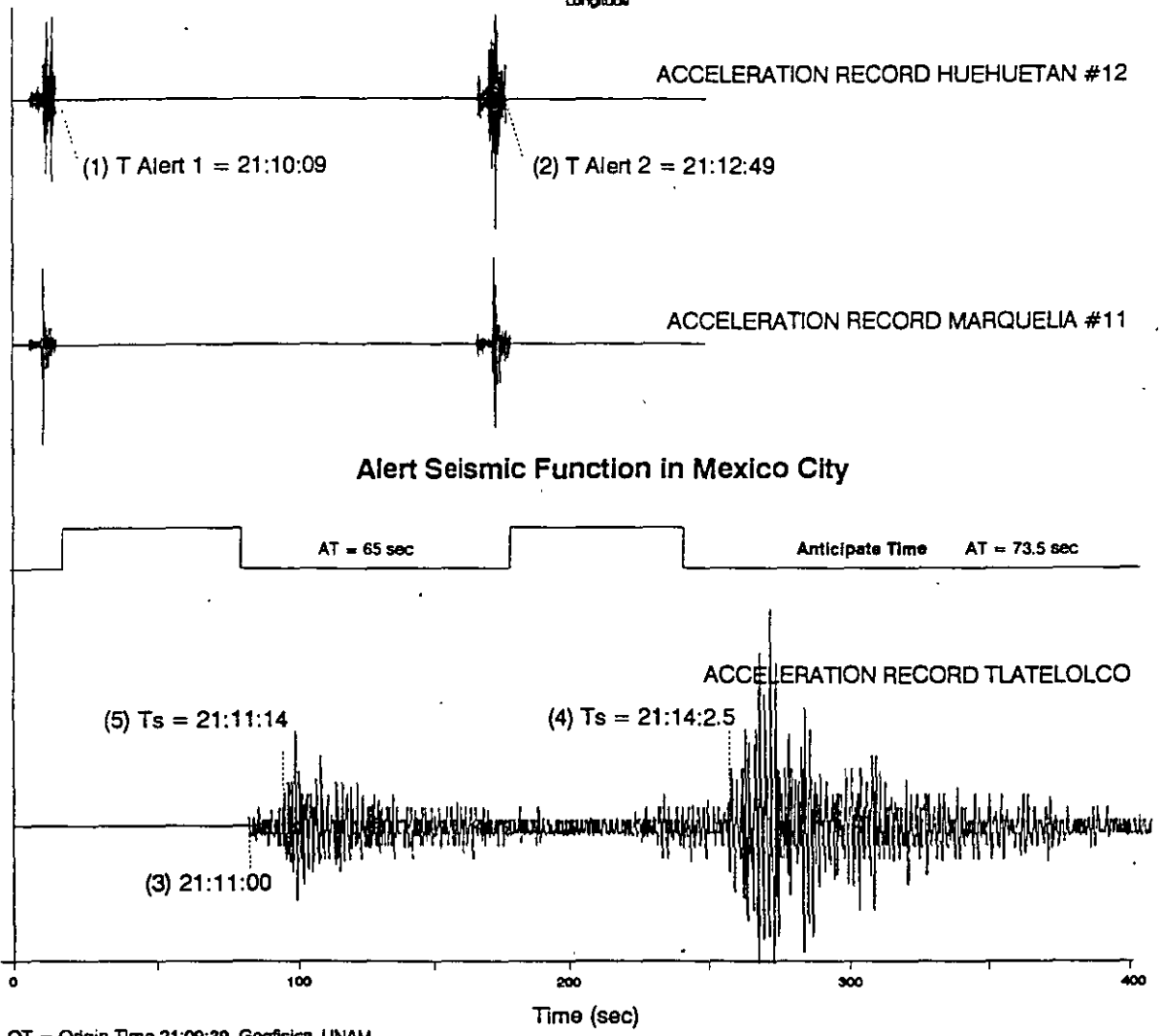
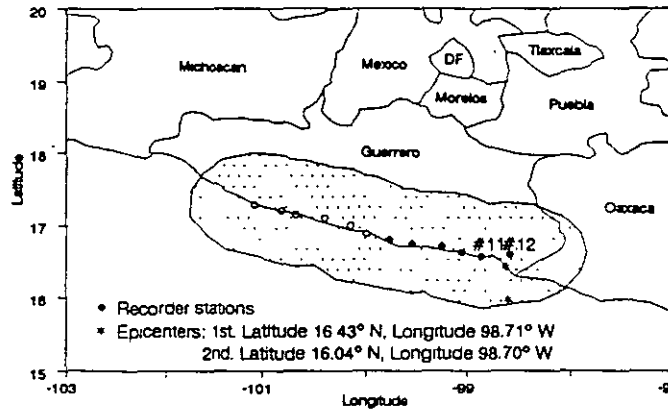


76

▲ Figure 2 Time diagram of Early Warning advantage in Mexico City, May 14, 1993.

CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC SEISMIC ALERT SYSTEM

EVENT RECORDED ON MAY 14, 1993, IN GUERRERO, OT = 21:09:39, M = 6.0° Richter

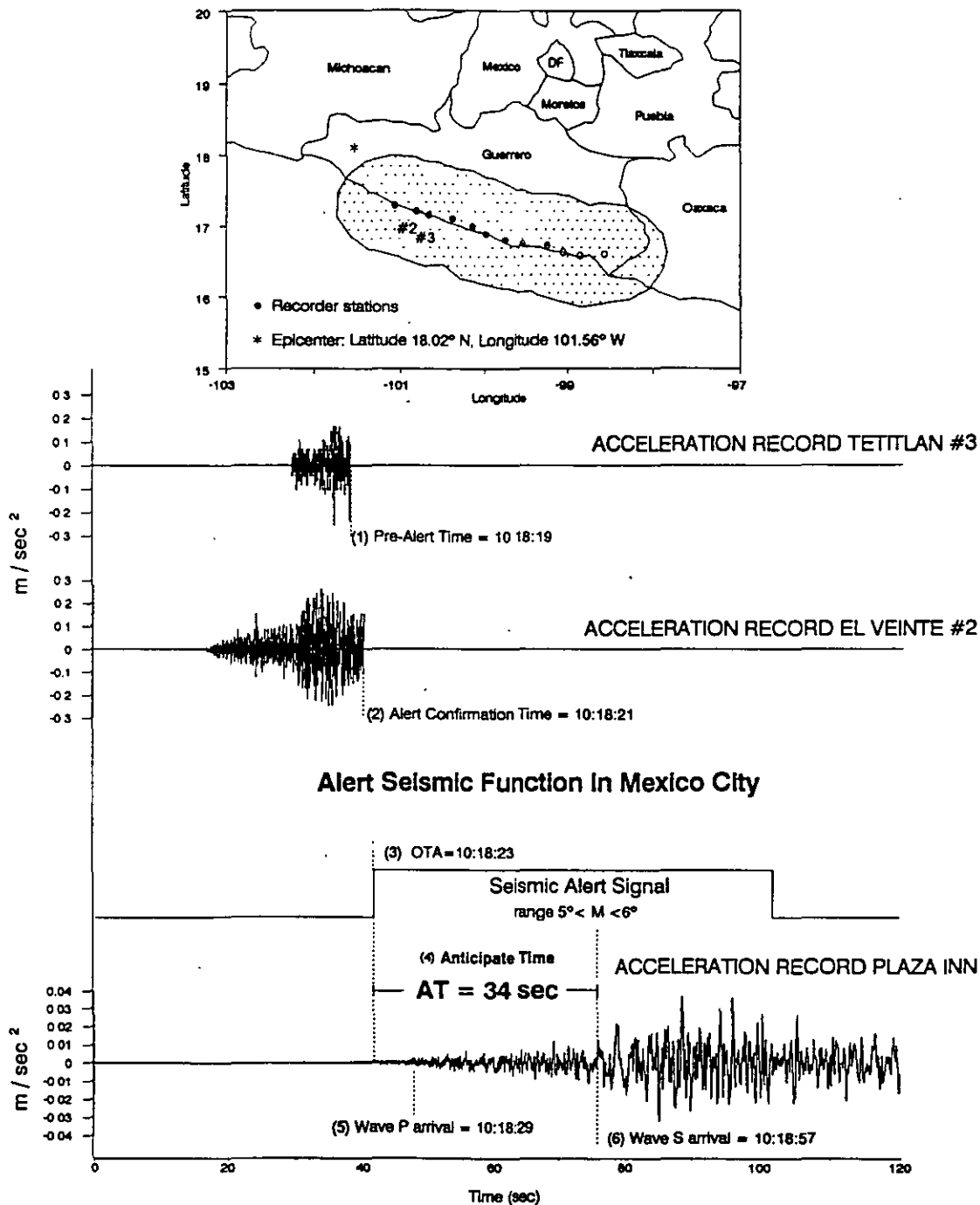


OT = Origin Time 21:09:39, Geofisica, UNAM
 1,2: Seismic Alerts
 3: Acceleration "Tlatelolco" initial
 4,5. Wave S arrival
 AT = Anticipate Time = Ts - T Alert

▲ Figure 3 Time diagram of Early Warning advantage in Mexico City, October 29, 1994.

CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC SEISMIC ALERT SYSTEM

EVENT RECORDED ON DECEMBER 10, 1994, IN GUERRERO, OT=10:17:40.9, M = 6.3 °Richter



OT = Origin Time = 10:17:40.9, SSN, Geofisica, UNAM
M = Magnitude ° Richter, SSN, Geofisica, UNAM
(3) OTA = Operation Time Alert
(4) AT = Wave S arrival - OTA

941210IN

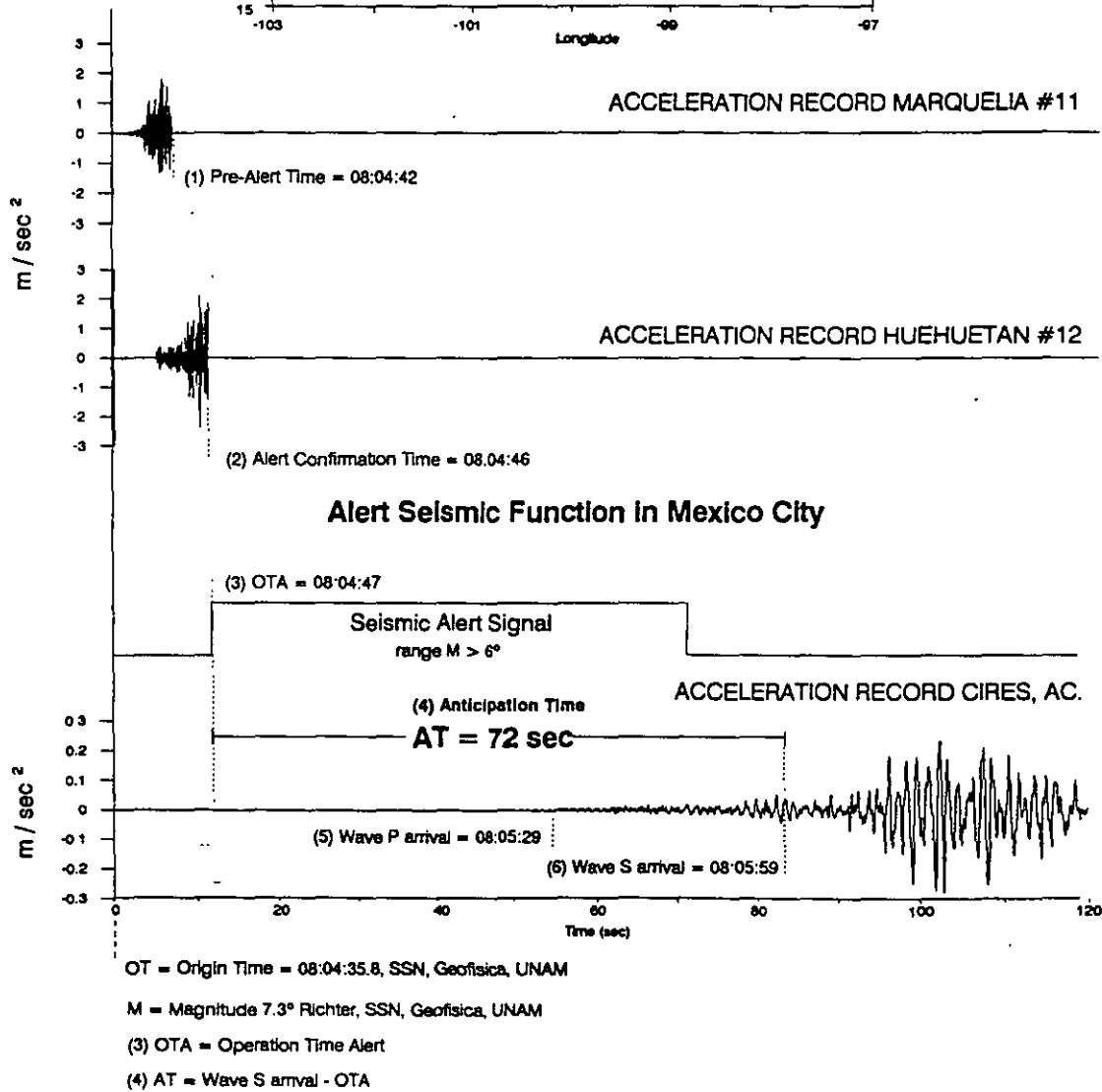
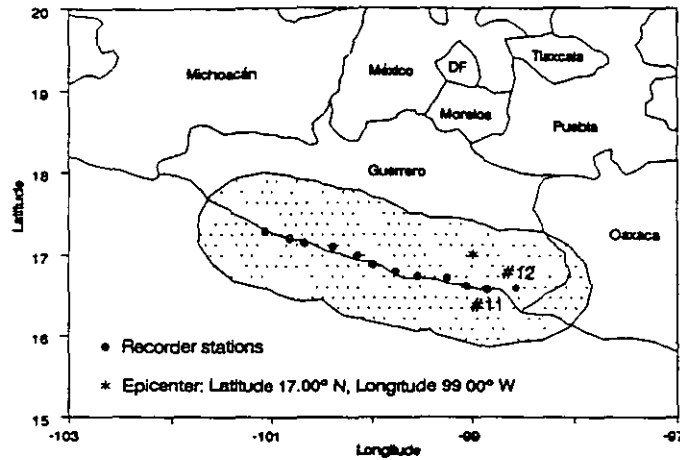
73

▲ Figure 4 Time diagram of Early Warning advantage in Mexico City, December 10, 1994.

CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC

SEISMIC ALERT SYSTEM

EVENT RECORDED ON SEPTEMBER 14, 1995, IN GUERRERO, OT=08:04:35.8, M=7.3°Richter



950914IN.DRW

▲ Figure 5 Time diagram of Early Warning advantage in Mexico City, September 14, 1995.

Incidents of System Problems

During more than 45 months of operation of the early warning system, three problems have occurred. The first incident was a missed alarm during the October 24, 1993 1:52 local time M 6.7 earthquake. The event was detected and evaluated correctly by the field stations, but the early warning message issued was of supervision instead of alert, due to a software error in the microcomputer of the Central Control System. As a result the AM/FM commercial radio stations did not send any message to the public. This error was corrected within the next eight hours.

The second was a false alarm broadcast to the public on November 16, 1993, 19:20 local time. A battery failure in the supply system of one of the field stations generated noise in the accelerometers' output, which was detected as an earthquake by the STA/LTA detector. Due to this false warning, the Central Control System sent a message to the AM/FM stations, which was received by the public listening to the radio stations.

In the third incident, on May 31, 1995, an M 4.6 earthquake struck along the Guerrero and Oaxaca coast at 6:49:47 local time, and a restricted early warning M_2 was issued by CIRES. The signal was received in one commercial radio station where a wrong CIRES receiver, set to receive warnings M_1 and M_2 , was installed due to a human error. Although no warning was intended to be issued to the public, at that moment one of the most popular programs of news and reports in the city was on the air, and the chief reporter announced that a big earthquake was about to strike Mexico City. This caused some panic and noise, but no person was hurt or injured because of the false alarm.

An M 7.3 earthquake on Sep 14, 1995 at 8:04:30, local time, was detected by the Seismic Alert System as $M > 6$. Six stations detected the event; the first one was Marquelia (station 11) at 8:04:43, and the second one was Huehuetan (station 12) at 8:04:47, which confirmed the event. The M_1 message was issued to 42 AM/FM commercial radio stations, 30 elementary schools, the housing complex of *El Rosario*, and all other places where it is connected. The subway system used the early warning for stopping the trains 50 sec before the main shock. Three radio stations reported that the receivers didn't work because they were not connected yet. There were no casualties in Mexico City from this earthquake, but there were some minor injuries and minor damage in buildings. Four persons were killed and additional people were injured in the state of Guerrero where houses collapsed. The earthquake was felt by the people in the states of Guerrero, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Jalisco and the state of Mexico.

PERFORMANCE

The system has been completed in parts. The first part, including communications from the accelerometer sensors to the Central Control System, was finished and put into

operation in August, 1991. This part did not have redundancy at that time. The second part, including the alerting CIRES radio receivers, started operation in January, 1993. The third part incorporated the redundancy and was completed in December 1993.

An earlier attempt to calculate the reliability of the system was made using the data derived from September, 1991 to July, 1993 (Jimenez *et al.*, 1993). Evaluation is somewhat ambiguous, since there have been changes in hardware and software throughout the operation, both to correct bugs and to improve the system.

Figure 6 shows a histogram of component failures (72 total) from August, 1991 to August, 1995. The common type of failures are due to power supplies, frequency shift in radios, radio interference, software errors, vandalism and mechanical failures due to hurricanes. The receivers installed for the general public were not considered in this calculation because their use and how they are connected is not under control of CIRES.

Availability of the system and the histogram of failures

Since the start of operation, the system has accumulated 72 failures. Of these, 68 were minor and only four affected the whole system. During those 48 months the system has been out of operation 136 hours for preventive and corrective maintenance purposes giving the factors of availability (A) and unavailability (U):

$$U = \frac{136}{2920} = 0.00454393 \quad (1)$$

$$A = 1 - U = 0.995456 \quad (2)$$

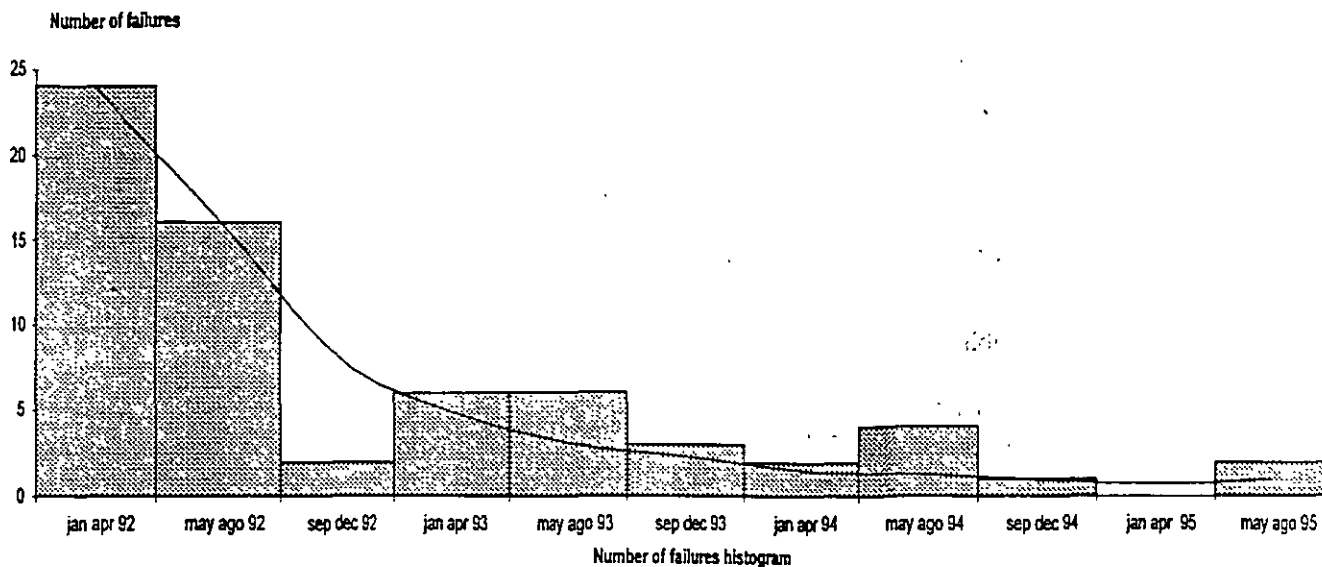
We consider this an acceptable level of availability, but obviously we seek to improve it.

DISASTER PREVENTION AND THE EARLY WARNING SYSTEM

The civil government authorities who sponsored the project have made considerable efforts to increase the preparedness of the people, to ensure that if an earthquake occurs, people are ready to get through it safely and to respond to it effectively. This effort is covered mainly by means of the Civil Disaster Management office from the Mexican government (*Proteccion Civil*), although volunteer groups, government agencies and individual citizens are also involved.

Some of the programs that have been implemented are:

- *Proteccion Civil* have carried out a campaign for earthquake exercises of building evacuation in Mexico City. This campaign has been completed in some cases with the aid of the restricted early warning signal in public buildings, government offices, universities and hospitals.



▲ Figure 6 Number of failures histogram.

- There is a program for issuing the early warning alert each two months for exercise purposes.
- City authorities printed and mailed 1,500,000 booklets to the population of Mexico City. This pamphlet describes briefly the early warning alert.
- A permanent program for earthquake exercises of evacuation for children is sponsored by the Secretariat of Public Education and is carried out in elementary schools.
- Radio spots are transmitted during the day by the commercial radio stations reminding the people what to do if an earthquake strikes.
- A campaign trains volunteers as emergency managers.

Also the community and several volunteer groups have become involved in the earthquake disaster prevention program, and some have asked for the installation of CIRES radio receivers. As an example, a program for providing the early warning alert to the housing complex of *El Rosario* with 200,000 inhabitants was started. This community is considered the biggest of its kind in Latin America. The first part of this program was completed May 31, 1995 and covers approximately 10,000 people. The system employs a CIRES radio receiver with accessories to voice an alert message on 32 high-power loudspeakers installed in the center of the complex. This project was carried out in cooperation with the municipal authority officials, the community representatives and the Civil Disaster Management Office (*Proteccion Civil*).

DISCUSSION

Improving earthquake magnitude determination is one of the most important tasks that is being carried out. Consider-

able effort has been expended to enhance the detection algorithm by analyzing the existing data base of earthquakes in order to improve the detection and magnitude estimation of an incoming earthquake. Also improvements in hardware are planned to enhance the system architecture, making it more flexible.

The failure histogram (Figure 6) shows that failures have diminished to a rate of one per four months. In order to detect an earthquake that lasts a few seconds, the system should have better factors of availability and reliability, but the cost could be very expensive.

Extensive work is being done to enhance the security of the system hardware and software and to improve human performance. This includes writing system procedural, administrative, physical, personnel, and communications security controls.

The radio communication system has had frequent problems with interference and noise due to the high degree of use of the radio spectrum in Mexico City, the most populous city in the world. Unfortunately, the radio link has been the best way to reach the field stations that are normally located in places otherwise not accessible. The use of fiber optics is not feasible due to the limited infrastructure of the Mexican communications system. Although there is a program to introduce fiber optics to link the more important cities in Mexico, the majority of the medium and small cities in our country cannot access it.

Another problem is the limited coverage of seismically active areas that are of potential risk to Mexico City. At present the Seismic Detection System is only covering the Guerrero Gap, but there are other seismic risk areas along the Pacific Coast of Michoacan and Oaxaca, not covered by the current system, that can affect Mexico City. Also at present, the warning system only covers the Mexico City population

but not other important cities that could be also affected, like Morelia, Guadalajara, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca and Toluca. The use of the new Mexican satellite *Solidaridad 1* could become a solution of several of these problems. The messages could be transmitted via satellite from the field stations to the Central Control System in Mexico City, improving reliability in communications, reducing the number of relay stations and the intrinsic noise of operation. Also, it would be feasible to cover more seismic and volcanic risk areas, extending the use of the seismic early warning signals to more highly populated Mexican cities.

The experience gained in the interaction with the community and their response to the early warnings has been very valuable. Contrary to some expectations, on November 16, 1993, when a false alarm was issued to an estimated radio audience of 2,000,000 people in rush hour (19:20 local time) in a city of 20 million people, common sense prevailed. Before that, an argument used against disseminating the early warning to the general public was that many people could die because of situations of panic in public places. Although some people were already trained for disaster situations when the false alarm triggered, the majority of the public was not. However, on November 16, nobody was injured or killed because of panic.

Although there were efforts to distribute 1,500,000 pamphlets in a 20,000,000 people city, many people were not reached by the information. There are many persons who had been through the traumatic experience of the 1985 Michoacan earthquake, but there are still many more people who ignore or do not know what to do when the early warning sounds and would not do anything to prevent or minimize the disaster.

CONCLUSION

The most important objective of the Mexico City sponsoring authorities and CIRES is to improve reliability of the early warning seismic system. Carrying out a campaign of information about the concepts underlying the SAS and understanding their strong points and limitations with a continuous program to train people will hopefully mitigate in the near future the undesirable but unavoidable effects of a severe earthquake. The government attitude is that of maintaining the early warning Alert System as a public service operating with a nonprofit organization such as CIRES. ■

Fundación Javier Barros Sierra, A.C.
Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C.
Anaxágoras #814, CP 03020,
Ciudad de México, México
E-mail: maranda@servidor.unam.mx
(J. M. E. A., A. J., G. I., F. A., A. A., M. I., S. M.)

ACKNOWLEDGMENTS

The development of the SAS incorporates the constructive ideas given by so many people over such a long time span that mentioning all of them becomes virtually impossible. Special mention, however, is due to Emilio Rosenblueth for his comments, Bernardo Frontana, Gerardo Legaria, Humberto Rodríguez, Sergio Viñals, Daniel Ruiz, Fernando Hiriart, Raúl Marsall, Luis Esteba, Roberto Meli and Miguel Madinaveitia, Antonio Uribe, Javier Espinoza. And thanks also to all the people who are involved in the project.

We thank J. Anderson, W. K. Lee and an anonymous reviewer for their helpful and valuable comments on the manuscript.

REFERENCES

- Anderson, J., R. Quaaas, D. Almora, J. M. Velasco, E. Guevara, L. E. dePavia, A. Gutierrez, and R. Vazquez (1987) Guerrero, Mexico Accelerograph Array: Summary of data collected in the year 1985 Instituto de Ingenieria UNAM and Institute of Geophysics UC San Diego, Report GAA-2, Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada and Instituto de Ingenieria, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico, City.
- Anderson, J., R. Quaaas, R. Vazquez, D. Almora, J. R. Humphrey, J. M. Velasco, R. Castro, C. Perez, B. Lopez, and R. Mejia (1989a) Guerrero, Mexico Accelerograph Array: Summary of Data, July-December 1987, Report GAA-8, Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada and Instituto de Ingenieria, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico, City.
- Anderson, J., R. Quaaas, R. Vazquez, D. Almora, J. R. Humphrey, J. M. Velasco, R. Castro, P. Perez, S. K. Singh, E. Nava, C. Perez, B. Lopez, R. Mejia, G. Castro (1989b). Guerrero, Mexico Accelerograph Array: Summary of Data: 1988, Report GAA-9, Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada and Instituto de Ingenieria, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico, City.
- Anderson, J., J. Brune, J. Prince, R. Quaaas, S. K. Singh, D. Almora, P. Bodin, M. Onate, J. R. Vasquez, J. M. Velasco (1994). Guerrero, Mexico Accelerograph Array: Summary of Data: 1988, *Geofisica Internacional* **33**, 341-371.
- Bito Yasuhisa y Nakamura Yutaka (1986). Urgent Earthquake Detection And Alarm System, UrEDAS. Civil Engineering in Japan/'86. Japan Society of Civil Engineers, 103-116
- Espinosa-Aranda, J. M. (1989a). Sistema de Control para el disparo de una alarma sísmica. Memorias del XV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, México.
- Espinosa-Aranda, J. M. (1989b). Evaluación de un algoritmo para detectar sismos de subducción. Memorias de los VIII y VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica e Ingeniería Estructural, Guerrero, México
- Fujiwara Toshiro, Nakamura Yutaka (1980). New Automatic Stopping System During Earthquake (II), Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey.
- Heaton, Thomas H., (1985). A model for seismic computerized alert network, *Science* **228**, 987-990.
- Jimenez, A., Espinosa J. M., Alcantar F., Garcia, J. (1993). Analisis de confiabilidad del Sistema de Alerta Sísmica, X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puerto Vallarta, Jal, Mexico, pp. 629-634.
- Lee, W. H. K., Shin T. C. and Teng T. L. (1995a). Design and Implementation of Earthquake Warning Systems in Taiwan. IUGG, IASPEI XXI General Assembly, Boulder, CO.
- Lee, W. H. K., Shin T. C. and Teng T. L. (1995b). A Prototype Earthquake Warning System in Taiwan: Operation and Results. IUGG, IASPEI XXI General Assembly, Boulder, CO.

- Lee, W. H. K., Stewart S. (1981). Principles and Applications of Microearthquake Networks. Advances in Geophysics supplement 2, Academic Press. San Francisco, USA.
- Nakamura Yutaka and Saito Akio (1982) Desarrollo Del Sistema De Pronta Deteccion y Alarma Del Sismo. Ferrocarriles Nacionales, Instituto de Tecnología Ferroviaria: VI Simposio Sobre Ingeniería Sísmica De Japón. Architectural Institute of Japan, Japan Society of Mechanical Engineers, the Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Seismological Society of Japan.
- Nakamura Yutaka and B. Tucker (1988). Japan's earthquake warning system-should it be imported to California? *California Geology* **41**, 33-40.
- Nakamura Yutaka (1985). Earthquake alarm system of the Japanese national railways. *Journal of Railway Engineering Research* **42**, Num. 10, 371-376.
- Ordaz, M. and Singh S. K. (1992). Source spectra and spectral attenuation of seismic waves from Mexican earthquakes, and evidence of amplification in the Hill Zone of Mexico City, *Bull. Seism. Soc. Am.* **82**.
- Prince, J. Rodríguez H., Jaworski E. Z., and Kilander G. A. (1973) A Strong Motion Radio Telemetry Network. Proc. V World Conference on Earthquake Engineering, Rome.
- Quaas, R., J. Anderson, S. K. Singh, J. M. Velasco, D. Almora, R. Vazquez, G. Castro, and P. Perez (1990). Accelerograms from the Guerrero, Mexico Strong Motion Array for May 11 ($M_s = 4.9$) and May 31 ($M_s = 5.8$), 1990 Earthquakes, Report GAA-10, Seismological Laboratory, University of Nevada, Reno, Nevada and Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, City.