

BORRADOR

Distribución Restringida

AMENAZAS NATURALES Y LA INFRAESTRUCTURA ENERGETICA
DE COSTA RICA

Dirección Sectorial de Energía
Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas

Departamento de Desarrollo Regional
Secretaría General de la
Organización de los Estados Americanos

San José, Costa Rica

Setiembre, 1989

INDICE

	Página
1. Introducción	1
2. Metodología	2
2.1 Los Componentes de la Metodología	2
2.2 Uso de Información Geográfica	6
3. La Infraestructura Energética de Costa Rica y su Operación	7
3.1 Las Demandas Energéticas del País	7
3.2 La Infraestructura Petrolera	7
3.2.1 El Oleoducto y su Operación	14
3.2.2 El Ferrocarril y la Transferencia de Pesados	19
3.2.3 El Sistema de Carreteras Nacionales	20
3.3 El Sistema Eléctrico	20
3.3.1 Las Plantas de Generación	25
3.3.2 La Red de Transmisión y las Subestaciones Principales	29
3.3.3 Los Sistemas de Distribución	30
4. Las Amenazas Naturales en Costa Rica y sus Impactos Potenciales a la Infraestructura Energética	32
4.1 Información Nacional de Amenazas Naturales	32
4.2 Las Matrices de Vulnerabilidad de la Infraestructura Energética a las Amenazas Naturales	32
4.2.1 Amenazas y el Oleoducto de RECOPE	35
4.2.2 Amenazas y el Sistema Ferroviario	37
4.2.3 Amenazas y las Carreteras	39
4.2.4 Amenazas y el Sistema Eléctrico	42
4.3 Representaciones Gráficas de la Distribución Espacial de los Riesgos de Amenazas Naturales a la Infraestructura Energética	43

	Página
5. Conclusiones	45
5.1 Eventos Naturales, sus Impactos Estimados y Acciones de Mitigación Recomendadas	45
5.2 Otras Mitigaciones y Recomendaciones	56

LISTA DE CUADROS

	Página
1. Ventas de Electricidad y Derivados del Petroleo por Cantones - Costa Rica - 1988	9
2. Plantas Hidroeléctricas Principales de Costa Rica	26
3. Plantas Térmicas Principales de Costa Rica	27
4. Información Estadística - Sistema de Distribución	31
5. Matriz de Vulnerabilidad - Sistema de Distribución de Gasolina, Diesel, Jet Fuel y Kerosene	36
6. Matriz de Vulnerabilidad - Ferrocarril	38
7. Matriz de Vulnerabilidad - Carreteras	40
8. Matriz de Vulnerabilidad - Sistema Eléctrico	41

LISTA DE MAPAS

1. Mapa de Densidades de Población	8
2. Ventas de Electricidad	10
3. Distribución de Ventas de Gasolina	11
4. Distribución de Ventas de Combustible Diesel	12
5. Ventas de Combustible Fueloil	13
6. Oleoducto de RECOPE	15
7. Distribución Regional de Ventas de Combustibles Líquidos	17
8. Principales Carreteras y Líneas Férreas de Costa Rica	18

	Página
9. Red de Interconexión Eléctrica	21
10. Regionalización Estadística - Sistemas de Distribución Eléctrica	31a
11. Mapa de Amenazas Naturales de Costa Rica	33
12. Líneas de Transmisión Eléctrica en Zonas Bajo Riesgo de Deslizamiento	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Impactos de Amenazas Naturales a los Sistemas Energéticos - Metodología	3
2. Transferencias de Combustibles por el Oleoducto RECOPE - 1988	16
3. Sistema Nacional Integrado de Generación Eléctrica (1988)	22
4. Suministro de Energía Eléctrica al Area Central y Subestaciones Nacionales - 1988	23
5. Principales Regiones Suministradas por Subestaciones de Electricidad	24
6. Demandas Máximas y Capacidades de la Infraestructura Eléctrica Principal de Costa Rica-1988	28
7. Vulnerabilidades Principales del Sistema Eléctrico - Deslizamientos	48

1. INTRODUCCION

Este informe presenta los resultados de una evaluación inicial de los impactos potenciales de las amenazas naturales que afectan la infraestructura energética de un país, en este caso la República de Costa Rica, con el propósito de establecer metodologías y mecanismos para estimar, y a su vez, minimizar los daños severos a los sistemas energéticos y económicos y las pérdidas humanas que muchas veces se asocian a dichos eventos.

Esta metodología se ha concretado en una aplicación directa al caso de Costa Rica, incorporando la base de información disponible sobre su infraestructura energética, transporte y uso de energía, su economía y los riesgos regionales asociados con los eventos naturales que los comprometen.

La metodología desarrollada identifica no sólo los impactos potenciales para los componentes individuales de su infraestructura energética sino también los impactos integrados probables al sistema energético nacional, su economía y población. Finalmente, la metodología provee mecanismos para la identificación de actividades de mitigación que sirvan para reducir significativamente los daños físicos y/o las pérdidas energéticas vinculados con un desastre natural de nivel nacional o regional.

Este informe se basa en los esfuerzos de un equipo técnico de la Dirección Sectorial de Energía (DSE) del Ministerio de Energía y Minas (MIRENEM) de Costa Rica y Dr. Wayne Park, Especialista Principal de Energía de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Se contó asimismo con el apoyo del personal técnico de la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El trabajo ha sido financiado por dos proyectos de cooperación técnica de OEA, el Proyecto de Energía y Desarrollo en el Istmo Centroamericano y el de Desarrollo y Riesgos Naturales, ambos a cargo de su Departamento de Desarrollo Regional (DDR).

Este estudio se desarrolló en la ciudad de San José en un período de cuatro semanas en los meses de julio y agosto de 1989 y un período seguido de análisis y documentación en Washington.

2. METODOLOGIA

2.1 Los Componentes de la Metodología

Se presenta en la Figura 1 un esquema del proceso de evaluación de los impactos de amenazas naturales a los sistemas energéticos en Costa Rica.

Infraestructura Energética

Siguiendo el flujo presentado en la Figura 1, se inicia la evaluación con la identificación y subdivisión de la infraestructura energética del país. Como infraestructura energética se incluye a todos los sistemas nacionales utilizados en la transferencia de energía a los centros del consumo. En el caso de Costa Rica se incorporan no sólo los sistemas eléctricos, las refineries, plantales, y oleoductos, sino también el sistema de carreteras, los camiones cisternas y el ferrocarril nacional. Se subdivide esta infraestructura en tramos y componentes que, en combinación, están en concordancia con las convenciones usadas por las instituciones responsables y presentan un nivel de detalle adecuado para la identificación de los riesgos naturales que los afecten.

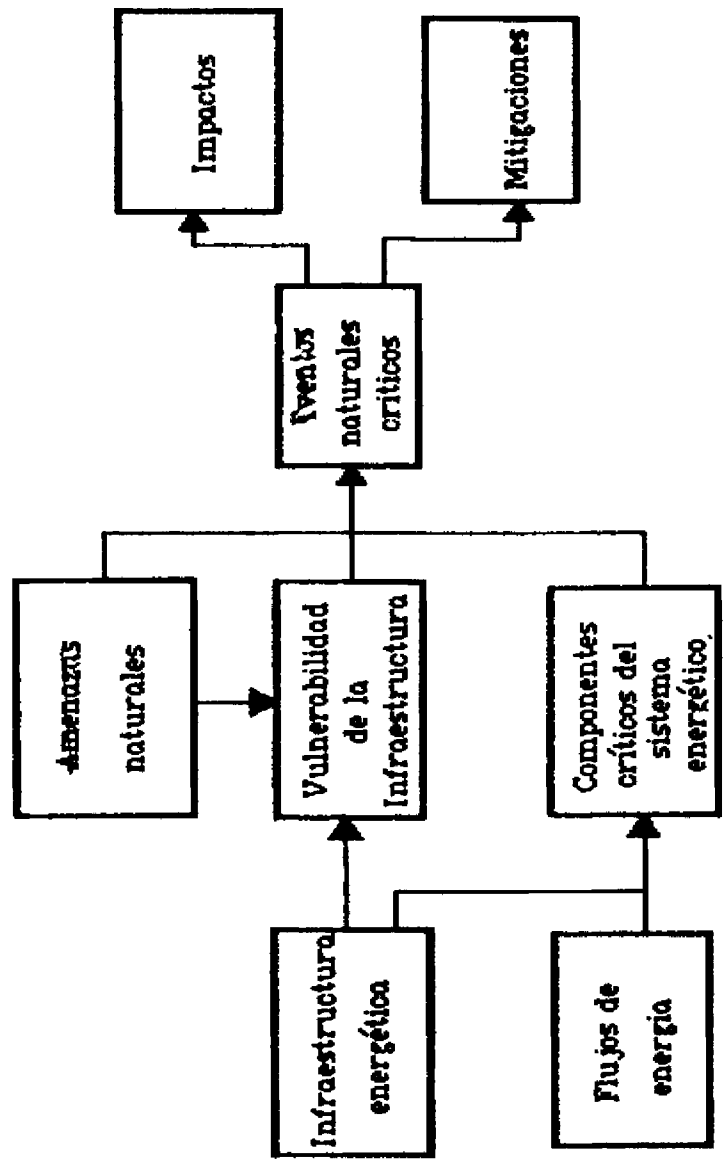
Eventos Naturales

Paralelamente a la infraestructura energética, se requiere listar los eventos naturales que podrían dañar o afectar los componentes identificados. En el caso de Costa Rica se culminó con la lista siguiente:

- Sismo-Terremoto
 - Ruptura
 - Deslizamiento
- Inundación
- Erupción Volcánica
 - Emisiones
 - Sismo
- Sequía
- Deslizamientos Independientes
- Arrastres de Lechos de Ríos
- Huracanes-Temporales
 - Lluvia
 - Inundación
 - Deslizamiento
 - Viento
 - Caudales Excesivos
- Erosión
- Deforestación

FIGURA 1

Impactos de Amenazas Naturales a los Sistemas Energéticos de Costa Rica



Se destaca de inmediato la relación entre los eventos. Un deslizamiento puede ser un evento independiente, asociado con un terremoto ó con la saturación de suelos que ocurre como resultado de lluvias fuertes. En los análisis comparativos que siguen a la identificación de riesgos naturales, es importante mantener un conocimiento del evento original para asistir en la identificación de los impactos integrados de los mismos. Además, se distingue entre los arrastres de los lechos de los ríos y los caudales excesivos para permitir separación de las condiciones fluviales y los caudales que transportan escombros que destruyen puentes, tomas de plantas hidroeléctricas, etc., y los que causan daños a los sistemas simplemente por caudales excesivos.

Esta lista es singular para cada país en cual se hace esa investigación.

Vulnerabilidades de la Infraestructura Energética a las Amenazas Naturales

La próxima etapa consiste en estimar los impactos que un evento o una condición pueda tener para los componentes energéticos identificados. Teóricamente, este ejercicio requiere de conocimiento acerca de la distribución probabilística del evento y su magnitud e información similar sobre los daños probables. Un nivel adecuado de datos para generar estas distribuciones sería extremadamente difícil de obtener. Con el mejoramiento en el conocimiento general de los riesgos naturales y sus impactos en el futuro, se podría alcanzar un producto que es en teoría muy preciso. Sin embargo, para no perderse en la búsqueda de datos, para una actividad inicial como en el caso de Costa Rica, se recomienda usar el juicio subjetivo de expertos y de técnicos con conocimiento personal de la historia y llegar a medidores que obedecen más bien al criterio profesional y al sentido común.

En Costa Rica se decidió utilizar el siguiente esquema para la categorización de los impactos potenciales:

- O: Baja susceptibilidad o no aplicable.
- 1A: Riesgo Potencial (identificado pero no confirmado) con mayor impacto al componente.
- 1B: Riesgo Potencial (identificado pero no confirmado) con menor impacto al componente.
- 2A: Riesgo Confirmado con mayor impacto al componente.
- 2B: Riesgo Confirmado con menor impacto al componente.
- S: Impacto al sistema.

Debe señalarse que la inclusión de la última categoría fue necesaria porque los eventos como la sequía no tienen ningún impacto en los componentes de la infraestructura energética pero su impacto en el sistema energético puede ser extremadamente serio. También, se usa la categoría "riesgo potencial" en el caso de que exista una condición que puede afectar el componente

pero sin una historia conocida de tales efectos. Es claro que las definiciones de mayor y menor están sujetas a una interpretación imprecisa pero son adecuadas para el propósito de esta investigación inicial. Básicamente la connotación de estas palabras implica decir que se trata de un daño, que tiene un costo serio de reparación en términos de tiempo y/o dinero, o que causa pérdidas enormes en la energía, es un mayor impacto.

Flujos de Energía

La eliminación de un componente de la infraestructura energética tendrá un impacto en la operación de la entrega de la energía a la sociedad. En algunos casos el sistema energético se diseñó con la redundancia adecuada para permitir la captación de la energía por otra fuente o la transferencia por otra vía. En otros casos no existe la redundancia necesaria y el mismo evento pasa a ser un desastre. Por este razón es esencial que el análisis revise el flujo de energía entre sus varias fuentes y centros de demanda, midiendo la cantidad de energía transferida a qué lugares, y también, las rutas y capacidades alternas disponibles.

Componentes Críticos del Sistema Energético

Se identifican aquí los componentes de la infraestructura energética del país que, por razón de su nivel de uso, su tamaño, su ubicación o falta de alternativas, son críticos a la operación exitosa del sistema.

Eventos Naturales Críticos

Usando la información sobre las amenazas naturales identificadas y el conocimiento de los componentes críticos del sistema y sus vulnerabilidades, se prepara una lista de eventos naturales que tendrían que causar un impacto severo a los mismos componentes, estimando cuando sea posible, su probabilidad de ocurrencia.

Impactos

Existe varios indicadores que el analista puede seleccionar para estimar los impactos de estos eventos. Se listan algunos a continuación:

- Costos y tiempo de reparación
- Ingresos perdidos por las compañías energéticas
- Los costos de sustitución de combustibles
- Los impactos económicos en ingreso nacional, empleo y divisas.

El tiempo disponible en la elaboración de este estudio inicial permitió solamente una presentación descriptiva y el uso de indicadores que muestran solamente la magnitud potencial de los

impactos. Es importante en el futuro profundizar esta parte del análisis y aplicarlo a todos los componentes de la infraestructura.

Proyectos de Mitigación

La revisión de la información recopilada y los análisis elaborados a veces sugieren los pasos disponibles para reducir el riesgo. Existe dos tipos de mitigación.

El primero es la necesidad de fortalecer (endurecer) el componente existente para protegerlo contra los riesgos existentes. Por ejemplo, si existe un camino en un área con alto riesgo de deslizamientos, es posible tomar acciones de reforestación o construir obras de protección sobre la carretera para reducir la inestabilidad inherente. En el caso de daños a las líneas de transmisión por la fuerza de los vientos, una opción es el uso de materiales más fuertes y pesados.

Otra opción es la de proveer alternativas. En varios casos es virtualmente imposible fortalecer un componente adecuadamente contra un evento desastroso (e.g. una erupción volcánica). En estos casos sería mejor incorporar redundancia al sistema con la provisión de sistemas alternos ("backup") que serían activados en el caso de tales eventos y sustituirían adecuadamente a los componentes perdidos en el sistema.

2.2 Uso de Información Geográfica

A través de este análisis se ha intentado incorporar información y sistemas automáticos del mapeo geográfico. El beneficio principal de los mismos es la capacidad de visualizar las relaciones entre la ubicación de las amenazas naturales (típicamente un factor mostrable en dos dimensiones) y su sobreposición con la infraestructura energética. Además, la planificación energética de un país no enfatiza en general los movimientos de los combustibles a través del mismo. La presentación gráfica de esta información es útil porque muestra rápidamente la distribución del transporte y consumo de la energía en el país y provee un mecanismo adicional para la identificación de componentes críticos al sistema energético y las alternativas disponibles.