

5. CONCLUSIONES

En esta sección final se muestran ejemplos de los productos esperados de la metodología y la base de datos generada.

5.1 Eventos Naturales, sus Impactos Estimados, y Acciones de Mitigación Recomendadas

Se ha seleccionado algunos eventos naturales en combinación con daños a ciertos componentes críticos en la infraestructura energética, estimando los daños e impactos, e identificando actividades de mitigación que sirvan para reducir los riesgos inherentes como se presentan en la lista siguiente y se detallan a continuación:

<u>Evento</u>	<u>Causa</u>
Daño destructivo a la presa Arenal	Avalancha de lava o terremoto severo
Daño severo a una de las plantas hidroeléctricas de Arenal, Corobicí, La Garita, Río Macho o Cachí	Terremoto severo, deslizamientos y/o arrastre de materiales
Pérdida de uno o más de los siguientes componentes de la red eléctrica nacional:	Las pérdidas resultan de una o más de las causas siguientes:
Línea de transmisión Arenal - Barranca	Vientos severos en las líneas de transmisión cerca de Arenal
Subestación Barranca	Deslizamientos con daños a torres y líneas en una o ambas líneas de transmisión
Línea de transmisión Barranca - La Caja (Anillo Central)	Terremoto con daños severos a una de las subestaciones
Subestación La Caja	Daños en operación por interrupciones causadas por cenizas volcánicas
Daños severos a la línea del ferrocarril entre Siquirres y Cartago	Deslizamientos

Pérdidas de las líneas de transmisión entre Cachí y Río Macho y el anillo central

Pérdida de tramos del oleoducto de RECOPE entre Siquirres y el Plantel a El Alto

Deslizamientos severos, especialmente en el Río Reventado (San Blás)

Rupturas por deslizamientos y/o terremotos

EVENTO: Daño Destructivo a la Presa Arenal

Causa: Avalancha de Lava o Terremoto Severo

Probabilidad:

Baja

Condiciones que Afectan la Probabilidad:

La presa ha sido diseñada para resistir un terremoto de magnitud 7.0 en la escala Richter. El volcán Arenal, situado solamente 5 km al sur de la presa, es extremadamente activo con erupciones violentas regulares y flujos de lava en la dirección de la presa. Es dudoso, sino desconocido, si estos fenómenos pueden alcanzar la presa.

Impacto Directo:

Este sería el más desastroso de todos los eventos identificados en Costa Rica. Se perderían las plantas Arenal y Corobicí de 157,4 y 174,0 MW respectivamente, equivalente al 49 por ciento de la capacidad total de plantas hidroeléctricas mayores en el país. Cuando se complete la planta Sandillal en 1991, se adicionarían 32 MW más en esta lista. Si una ruptura fuera catastrófica, se esperarían daños y muertos río abajo hasta el Mar Caribe.

Respuesta al Evento:

Costa Rica hoy en día está limitada en su capacidad total de generación eléctrica. Los sistemas térmicos disponibles, que suman aproximadamente 70 MW y son usados solamente en horas pico, serían inadecuados para cubrir las pérdidas de capacidad hidroeléctrica afectada, forzando al país a depender de la compra de electricidad a los países vecinos y de activar la adquisición de equipos de emergencia para la generación de electricidad. Se estima al menos dos meses para la incorporación de equipos de emergencia, dos años para reparar la represa y rellenar el embalse, y tres años para para construir y sustituir una nueva planta hidroeléctrica.

Mitigaciones:

Se recomienda

1. Organizar un plan de emergencia para este evento, garantizando el acceso a generadores móviles de emergencia y la provisión de la potencia y energía de emergencia de los países vecinos.
2. Sin demora, seleccionar y proceder con la construcción de una o más nuevas plantas hidroeléctricas que se ubican fuera del sistema de Arenal.

No se recomienda hacer más esfuerzos para el fortalecimiento de la presa Arenal. Es evidente que los proyectos e instalaciones ya existentes para la mediciones de movimientos sísmicos, de terreno y de la presa propia son adecuados por el momento.

EVENTO: Daño Severo a una de las Plantas Hidroeléctricas de Arenal, Corobicí, La Garita, Río Macho o Cachí.

Causa: Terremoto Severo, Deslizamientos y/o Arrastre de Materiales

Probabilidad:

Baja

Condiciones que Afectan la Probabilidad:

Todos las obras civiles de las nuevas plantas, están diseñadas para resistir los efectos de terremotos y de otros eventos naturales. La Garita es la única planta construida antes de la estipulación de los requisitos de altos niveles de tolerancia pero igualmente, esta planta, por su edad, ha sobrevivido a más eventos que las otras sin ningún daño severo. A pesar de que varias de las plantas hayan experimentado deslizamientos locales, los impactos de estos eventos fueron mínimos y el ICE ha reforzado todas las pendientes con alto riesgo. Las plantas tienen condiciones locales que pueden agravar una situación extrema (las cuales están identificadas en la matriz) pero globalmente todas están bien protegidas contra eventos naturales.

Impacto Directo:

Ya que el sistema nacional eléctrico en Costa Rica está casi en su límite de autosuficiencia, la pérdida de una de las cinco grandes plantas hidroeléctricas forzaría la compra de electricidad a los países vecinos a través de los sistemas de interconexión, la sustitución por la plantas térmicas del ICE y posiblemente la importación de equipos adicionales de generación.

Respuesta al Evento:

La pérdida parcial o total de cualquier planta hidroeléctrica en Costa Rica sería extremadamente seria. Como se mencionó en párrafos anteriores, los sistemas térmicos son inadecuados para cubrir la pérdida total de una planta hidroeléctrica grande y también son costosas de operar. Las condiciones forzarían la compra de electricidad a los países vecinos o la adquisición de generadores temporales hasta la fecha en que se arregle el daño o instale otro sistema hidroeléctrico. Por un daño serio a una planta hidroeléctrica se puede estimar un período promedio de reparación de seis meses.

Mitigaciones: (son casi iguales a las de la pérdida de Arenal)

Se recomienda:

1. Organizar un plan de emergencia para la pérdida de cualquiera de las cinco plantas hidroeléctricas, garantizando una provisión adecuada de la energía necesaria desde países vecinos, de las plantas térmicas existentes y de generadores de emergencia si se requieren.

2. Sin demora, seleccionar y proceder con la construcción de una o más nuevas plantas hidroeléctricas en el país.
No se recomiendan esfuerzos anormales para aumentar la protección de las plantas existentes.

EVENTO: Pérdida de uno o más de los siguientes componentes de la Red Eléctrica Nacional:

Línea de transmisión Arenal - Barranca
Subestación Barranca
Línea de transmisión Barranca - La Caja
Subestación La Caja

Causas Potenciales:

Vientos severos en las líneas de transmisión cerca de Arenal
Deslizamientos con daños a torres y líneas en una o ambas líneas de transmisión
Terremoto con daños severos a una de las subestaciones
Daños en operación por interrupciones causadas por cenizas volcánicas en los aisladores de los componentes en la línea directa de los vientos normales de una erupción volcánica

Probabilidad:

Media a alta por períodos cortos de varias horas
Baja por un período de más de una semana

Impacto Directo:

(Ver el esquema de infraestructura eléctrica nacional y comparar con la matriz de amenazas) Los componentes críticos son las dos subestaciones. Si fallan las secciones de 230 KVA de cualquiera de estas dos, se pierde la conexión de las plantas Arenal y Corobicí con el área central. En el caso de La Caja se perdería también la conexión con La Garita si se destruyera completamente esa subestación. Las líneas entre Barranca y La Caja siguen siendo de importancia. La falla de ambos circuitos forzaría la reducción de transmisión desde el norte a no más de 100 MW para el área central. En forma similar, la pérdida de los circuitos Arenal - Barranca causaría una reducción de la potencia transferible debido a la capacidad reducida de las líneas alternas entre Cañas y Barranca.

Respuesta al Evento:

En caso de que las fallas ocurrieran durante un período de pico, las pérdidas provocarían la necesidad de utilizar las otras plantas a sus máximas producciones, de activar las plantas térmicas y posiblemente de comprar energía eléctrica de Panamá. La duración de la falla dependería de la causa y la extensión del daño. El tiempo de reparación pueden ser desde algunos minutos hasta dos o tres semanas en el caso de daños severos en que la cantidad de repuestos es inadecuada para su reposición inmediata.

Mitigaciones:

Se recomienda construir una nueva línea de transmisión de 230 KVA de dos circuitos entre las subestaciones en Arenal o Corobicí y el anillo central, por la región de San Carlos. Esta transmisión eliminaría los impactos

de los riesgos ya identificados. La nueva ruta al norte de los volcanes, eliminaría los efectos de emisiones de gases y cenizas volcánicas a este componente adicional. Además, la transmisión proveería más seguridad de suministro de electricidad a las regiones al norte de país.

EVENTO: Daños Severos a la Línea del Ferrocarril entre Siquirres y Cartago

Causa: Deslizamientos

Probabilidad:

Alta

Condiciones que Afectan la Probabilidad:

En los últimos años, el Ferrocarril Nacional (INCOFER) ha sufrido al menos un deslizamiento destructivo por año en los tramos del sistema entre Siquirres y Cartago. En noviembre de 1988 INCOFER terminó el transporte de pasajeros en esa región debido a un deslizamiento grande en el lugar llamado Chiz. La caída de suelos se activó directamente bajo la línea y está causando un movimiento de desnivel de los rieles, requiriendo mantenimiento continuo.

Impacto Directo

Un deslizamiento que cubre los rieles obliga a la suspensión de operaciones de INCOFER en ese tramo hasta que se complete la limpieza y la reestructuración necesaria.

Respuesta al Evento:

INCOFER lleva la mayoría de los combustibles pesados de RECOPE entre la refinería en Moín y el plantel en El Alto. Un deslizamiento grande que forzará el cese del transporte ferroviario por varios días, causaría la activación del transporte de estos pesados por camión cisterna. Normalmente INCOFER transporta aproximadamente 15 carros por día, equivalente a aproximadamente 100 000 galones por día (cifras de RECOPE) y que requiere alrededor de 19 camiones cisterna para acarrear la misma cantidad por carretera. Existen más de 5 veces este número de camiones cisterna en el país dedicados solo al transporte de combustibles pesados. INCOFER informó que si el deslizamiento de Chiz socava completamente el lecho de los rieles, las únicas opciones son las de construir un túnel o un puente a un costo que excede los recursos disponibles por parte de esa institución. Si eso ocurre, la única opción es cerrar la operación de INCOFER en esa región lo que significaría el fin del transporte de pesados por esta vía.

Mitigaciones:

Se recomienda considerar y evaluar la opción de construir y operar un plantel de almacenaje de combustibles pesados y ligeros en un puerto en la costa Pacífica con la intención de recibir importaciones de petróleo. Se debe estudiar la opción de los puertos de

Caldera, de Puntarenas y de Punta Morales. La ventaja de los primeros dos es que actualmente existe una línea del ferrocarril en esos sitios. El estudio tiene que incorporar una evaluación de los impactos nacionales, a la refinería en Moín y al oleoducto de RECOPE. (Ver propuesta para la extensión del oleoducto desde Barranca hasta el mismo puerto.)

EVENTO: Pérdidas de las Líneas de Transmisión entre Cachi y Río Macho y el Anillo Central

Causa Principal:

Deslizamientos severos, especialmente en la Quebrada del Río Reventado (San Blas)

Probabilidad:

Media

Condiciones que Afectan la Probabilidad:

En el año 1963 una avalancha enorme en el Río Reventado sobre Cartago causó daños y muchos muertos río abajo. La inestabilidad de esta zona continúa hoy y la gran masa de terreno afectado se mueve lenta y constantemente hacia abajo dentro del desfiladero del río. Las paredes continúan erosionándose, ensanchando lo ancho del corte y causando nuevos deslizamientos que están próximos a las fundaciones de varias torres de transmisión que soportan las líneas que cruzan esta área. El riesgo es real y la probabilidad asignada se basa en si ocurriera un daño a las torres y líneas antes de una acción de mitigación.

Impacto Directo:

Si ocurre un nuevo deslizamiento, ya que las líneas de transmisión, Río Macho - Anillo Central y Cachi-Anillo Central pasan paralelas sobre esta área, existe la posibilidad de una ruptura de una o ambas de las mismas. La capacidad de transferencia de estas líneas es limitada y la pérdida de solamente una de estas tendría un impacto en la reducción de transferencia de energía de las plantas Cachi, Río Macho y transferencias potenciales al valle central desde Panamá.

Respuesta al Evento:

Si el evento ocurre durante las horas pico de demanda en San José, la reducción o corte de potencia desde las plantas al sureste y de Panamá forzaría la activación de generadores alternos ("backup") para satisfacer las demandas eléctricas en el valle central. Se estima que el tiempo de reconstruir una o ambas de estas líneas en condiciones de emergencia requeriría al menos dos semanas.

Mitigaciones:

Se recomienda proceder con planes ya formulados por el ICE para construir una nueva línea entre Río Macho y el anillo central, pasando por el sur de San Blas y entrando a una de las subestaciones al sur de la ciudad de San José. Este proyecto eliminaría los riesgos de pérdidas por falta de acceso a los generadores y proveería una alternativa segura al problema de San Blas.

EVENTO: Pérdida de Tramos del Oleoducto de RECOPE entre Siquirres y el Plantel a El Alto

Causa: Rupturas por Deslizamientos y/o Terremotos

Probabilidad:

Media

Condiciones que Afectan la Probabilidad:

El Oleoducto de RECOPE pasa por varias áreas de alto riesgo de deslizamientos incluyendo el cruce del Río Reventado a San Blas en la misma zona de las dos líneas de transmisión ya mencionadas. El ducto está bien construido y por esta razón, la asignación de la probabilidad de un evento de ruptura es menor que la de un daño al ferrocarril.

Impacto Directo:

Una ruptura de ambos tubos del oleoducto forzaría el cierre inmediato de su operación y la postergación de la transferencia de 550 galones por hora de los productos ligeros de petróleo hasta el plantel en El Alto.

Respuesta al Evento:

RECOPE organizaría sus equipos de emergencia para reparar los daños. Si el daño fuera solamente una fuga, se estimaría una reparación rápida de uno o dos días. Las reparaciones serían más complicadas si las distancias fueran más largas o si involucraran el cruce de quebradas. Si las reparaciones duran más de unos días, RECOPE activaría la transferencia de productos por camión.

Mitigaciones:

Se recomienda considerar y estudiar la importación de los productos ligeros de petróleo a un puerto en la costa Pacífica con la extensión del oleoducto desde el plantel de Barranca hasta este puerto, la instalación de bombas de presión y la reestructuración de las válvulas en el oleoducto existente para permitir el bombeo en reverso desde este puerto hasta El Alto. Esta opción reduciría el riesgo asociado a solamente una vía de entrada de petróleo en el país y un mejor y más eficiente uso del sistema del oleoducto.

En el caso de la no rentabilidad de esta recomendación, se debe considerar la ampliación de capacidad del oleoducto existente por bombas adicionales y la construcción de una línea adicional que pueda ser ubicada en áreas con menos riesgo de deslizamientos.

5.2 Otras Mitigaciones y Recomendaciones

En conclusión se incluye a continuación otras mitigaciones y recomendaciones que resultan de este esfuerzo.

1. La Estandarización de los Diseños de Subestaciones Eléctricas para su Fortalecimiento contra Sismos y Terremotos.

Se reportó en el ICE que a pesar de que existen normas de construcción civil para la resistencia a los efectos de terremotos, las cuales son aplicadas a las fundaciones de todos los componentes de las subestaciones eléctricas, no se conoce si los estándares de diseño de los componentes mismos sobre estas fundaciones tienen el mismo nivel de protección. Se recomienda estudiar los diseños en su uso y sus alternativas en este contexto, formular nuevos estándares, si es necesario, y aplicarlos en la construcción futura de las subestaciones eléctricas en el país.

2. La Definición e Iniciación de Programas de Manejo de Cuencas de los Proyectos Hidroeléctricos.

Se resalta la importancia de las cuencas geográficas de la obras hidroeléctricas ya que son una parte integral de la infraestructura energética del sistema y de los recursos energéticos del país. Fuera de la declaración de reservas de protección, todavía no existen programas formales que interrelacionen las actividades en las cuencas pobladas con las necesidades de protección de suelos, reducción de sedimentación y otros esfuerzos para la protección de los embalses y plantas río abajo. Se recomienda iniciar estudios y programas con esta orientación, especialmente en los planes y diseños de las nuevas plantas hidroeléctricas.

3. La Instrumentación de Sistemas Automáticos de Información Hídrica en el País.

Existen esfuerzos en proceso ahora para la instalación de medidores electrónicos y sistemas de comunicación automáticos que provean información instantánea sobre la captación de lluvia, caudales de ríos, evapotranspiración, etc. en algunas cuencas hidroeléctricas importantes. Esta información será útil no solo para la programación de la operación de las plantas hidroeléctricas sino que además proveerán información para avisar al público sobre riesgos de caudales excesivos e inundaciones peligrosas. Se recomienda ampliar estos esfuerzos debido a sus beneficios obvios.

4. La Implementación de un Programa de Seminarios y Adiestramiento sobre Riesgos Naturales e Infraestructura Energética para Funcionarios de las Instituciones Energéticas en este Hemisferio.

Existe mucha información y experiencia dentro de las instituciones energéticas nacionales de los países de este hemisferio sobre los riesgos naturales, los daños al equipo e infraestructura asociados con eventos naturales, etc. Se recomienda iniciar un programa de seminarios y adiestramiento en que funcionarios de estas instituciones tengan la oportunidad de compartir esta información para el beneficio mutuo de los países involucrados.

5. La Iniciación de un Sistema Formal para la Incorporación de Amenazas Naturales en la Planificación Energética Nacional de Costa Rica.

Esta evaluación ha mostrado la gran importancia de la consideración e incorporación de los aspectos de amenazas naturales en los diseños y en la operación de la infraestructura energética del país. Para evitar problemas futuros, es esencial que esas consideraciones sean incluidas en la planificación de desarrollo del país y en particular en la planificación del sector energía.