

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Los diferentes riesgos naturales a los cuales está expuesto el Municipio Autónomo de Cabo Rojo (Municipio) son incluidos en el presente capítulo y algunos de los daños que han causado. Se ha incorporado información sobre las pérdidas repetitivas y el Seguro Nacional contra Inundaciones (NFIP, por sus siglas en inglés). Durante el desarrollo del Plan se obtuvo información de los diferentes riesgos naturales que han afectado al Municipio. Se utilizaron estudios disponibles, data obtenida de eventos ocurridos, al igual que libros de referencias, el Plan anterior e información de la Vista Pública.

La evaluación de riesgos fue preparada para cumplir con los requisitos del DMA 2000 y el Local Multi-hazard Planning Guidance. En esta sección se proveen los fundamentos para establecer las medidas de mitigación que pueden ayudar a reducir los impactos de los diferentes riesgos naturales y sus efectos que serán establecidos en el Capítulo 5.

El capítulo se ha organizado a través del proceso de evaluación de riesgos presentado en la Figura 4.1, el cual fue utilizado en la versión anterior del Plan e incluye las siguientes siete secciones:

- 4.1 Requisitos para la Evaluación de Riesgos
- 4.2 Metodología
- 4.3 Identificación de Peligros Naturales
- 4.4 Identificación de Estructuras Vulnerables
- 4.5 Resumen del Índice de Riesgos de la Comunidad
- 4.6 Compresión de la Vulnerabilidad Futura y las Pérdidas Potenciales en Cabo Rojo
- 4.7 Tendencias sobre el Uso de Terrenos y el Desarrollo Urbano
- 4.8 Evaluación de la Vulnerabilidad de Desarrollos Urbanos

Un desastre es un evento de origen natural provocado por las acciones de un hombre, que causa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y/o el medio ambiente. Es la ocurrencia efectiva de un fenómeno peligroso que como consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos causa efectos adversos sobre los mismos. Al identificar los desastres a que puede estar expuesto un territorio estamos identificando peligros a los que se expone.

Un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos de manera repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una comunidad y/o daños severos sobre el medio ambiente. Los desastres afectan los sistemas de supervivencia biológica, el orden social, la motivación y el manejo de la crisis. Tiene un alto costo en términos sociales, demográficos, económicos y políticos. En esencia *un desastre es una crisis social*. Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido, aunque en algunos casos puede controlarse parcialmente.

Aunque no seamos capaces de evitar los eventos físicos, sí podemos prevenir o mitigar el impacto o las consecuencias de tales eventos a través de una preparación adecuada. Además, el conocimiento, las percepciones, y las actitudes de los administradores organizacionales, oficiales de gobierno y la población en general acerca de los desastres tendrá definitivamente un impacto en los esfuerzos o la falta de éstos para preparar la economía y la sociedad ante la inminencia de un desastre.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Por su parte los desastres naturales no son hechos aislados en sí mismos, sino que con frecuencia suelen ser eventos combinados. Por ejemplo, un huracán suele estar acompañado de lluvias, inundaciones y deslizamientos. Por las características topográficas y climatológicas de las Islas del Caribe, éstas tienden a ser más susceptibles a desastres naturales. Durante el siglo pasado la isla experimentó una diversidad de catástrofes naturales cuyas consecuencias se resumen en la pérdida de vidas y propiedad. Los mapas de riesgo se han cambiado al Apéndice 2. En el Plan anterior había otras secciones que fueron incorporadas dentro de las secciones previamente mencionadas.

4.1 REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

Los requisitos del CFR §201.6(c) (2): establece que "El plan deberá incluir una evaluación de riesgos que provea las bases para las actividades propuestas en las estrategias, para reducir las pérdidas causadas por los peligros identificados. La evaluación de riesgos debe proveer suficiente información para permitir que se identifique y asigne prioridades a las acciones de mitigación para reducir las pérdidas de los riesgos identificados." El CFR contiene requisitos específicos para el proceso de desarrollo de Planes Locales de Mitigación de Riesgos los cuales son:

- **Identificación de Riesgos §201.6(c) (2) (i):** [El Plan incluye una descripción del tipo, localización y extensión de todos los riesgos naturales que pueden afectar al Municipio.]
- **Información de Ocurrencia y Eventos Previos: Requisito §201.6(c) (2) (i):** [El Plan incluye información de ocurrencia de eventos previos y la probabilidad futura de riesgos.]
- **Descripción de Impacto de Riesgos: Requisito §201.6(c) (2) (ii):** [Descripción de cada riesgo identificado en la Comunidad al igual que un resumen de la vulnerabilidad.]
- **Pérdidas Repetitivas a través del NFIP Requisito §201.6(c) (2) (ii):** [El Plan incluye las pérdidas repetitivas incluidas en el Seguro Nacional Contra Inundaciones (NFIP) que han sido afectadas por inundaciones.]

Una de las metas de las comunidades es reducir los peligros y riesgos que puedan afectar la calidad de vida. El proceso de mitigación es un componente importante en la planificación y mejoramiento de la infraestructura existente. Por otro lado, el proceso de prevención se enfoca en establecer medidas anticipadas a corto y mediano plazo para evitar o reducir los efectos de los desastres. Mientras que el proceso de mitigación envuelve todas aquellas acciones que reducen la exposición o vulnerabilidad de una comunidad amenazada por uno o varios fenómenos de origen natural. Las medidas de mitigación se conciben a mediano y largo plazo.

La programación y organización de los recursos municipales requieren del conocimiento de los riesgos probables que sufrirán las comunidades de Cabo Rojo en función de sus características físicas, urbanas y climáticas. La probabilidad de que un suceso catastrófico pueda causar pérdida de vida y propiedad en mayor o menor escala dependerá de la información que tengan las dependencias u oficiales municipales sobre la vulnerabilidad de las comunidades en el territorio municipal. Esta información de importancia estratégica determinará la programación del tiempo y los recursos que tengan a bien comprometerse para el manejo y mitigación de cualquier situación que pueda ocurrir en el Municipio.

Durante las últimas décadas Cabo Rojo ha tenido presión de desarrollo con demanda por vivienda e infraestructura debido a su atractivo turístico. Las características de su desarrollo así como su extensión geográfica han representado un reto para el manejo adecuado de factores de riesgo y vulnerabilidad. Un

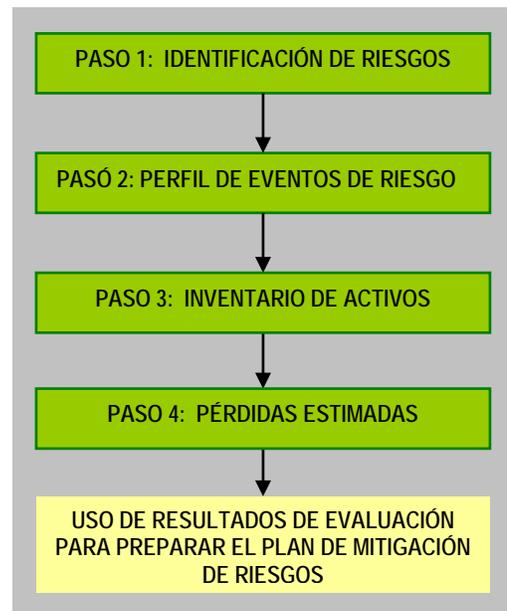
CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

dato significativo es que en los últimos años el desarrollo de Cabo Rojo se han dado a partir de las necesidades económicas, condiciones y oportunidades, que no siempre han estado en balance o en armonía con el ambiente natural. Este tipo de desarrollo pone en riesgo a los residentes en áreas vulnerables, resultando en la necesidad de desalojos para salvaguardar sus vidas y pérdida de propiedad en casos de inundaciones severas. El desarrollo en áreas bajo riesgos o en zonas inundables no contribuye al desarrollo sostenible que se desea alcanzar.

4.2 METODOLOGÍA

El proceso de evaluación de riesgos utilizado para la elaboración del plan fue realizado de acuerdo al "Local Mitigation Plan Review Guide"¹ efectivo al 1 de octubre de 2011. Además, FEMA 386-2, "State and Local Mitigation Planning How-To Guide, Understanding Your Risks—Identifying Hazards and Estimating Losses"² (FEMA 2001). La figura 4.1 muestra los cuatro pasos principales que comprenden el proceso de evaluación de riesgos: Identificación de Riesgos, Perfil de Eventos de Riesgos, Inventario de Activos y Estimado de Pérdidas. En la cantidad de población se le aplicó el aumento poblacional del Municipio reflejada en el Censo de 2010, con un incremento de 8.54 % habitantes y en el caso de residencias el incremento fue de 30.3 %. Los atractivos turísticos han ocasionado en gran parte las nuevas construcciones.

Figura 4.1: Proceso de Evaluación de Riesgos



Los requisitos del DMA del 2000 y del 44 CFR 206.6 establece que los planes de mitigación serán preparados para establecer cuáles son los riesgos naturales que pueden afectar, en el caso de este plan, al Municipio.

Metodología

Paso 1 – Identificación de Riesgos

La identificación de riesgos ha sido realizada a través de la investigación de eventos ocurridos dentro del Municipio. Utilizando los datos disponibles de estudios preparados que establecen intervalos de recurrencia se ha establecido la probabilidad de que vuelva a ocurrir cada evento. Esto está explicado en cada uno de los riesgos que afectan al Municipio. Aunque se debe entender que cada uno de los riesgos ocurridos en el pasado puedan ser experimentados nuevamente en el futuro aunque no con la misma consecuencia y resultados ya que la mitigación contribuye a que sean minimizados los efectos.

El proceso de identificación de riesgos ha sido realizado de documentos históricos, planes e informes desarrollados por expertos, un estudio de los eventos que han afectado a los residentes del Municipio y el

¹ Se deja en Inglés por ser el nombre propio de una publicación

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

análisis de mapas, documentos técnicos, datos obtenidos en el campo y otras fuentes de información relacionadas a peligros naturales incluyendo el Plan anterior.

Éstos incluyen mapas topográficos (escala 1:20,000), mapas de susceptibilidad a inundaciones de FEMA, mapas de susceptibilidad a movimientos de masa, catastros de suelo, mapas probabilísticos de aceleraciones sísmicas y exposición a vientos huracanados, el Plan de Ordenamiento Territorial de Cabo Rojo, información del Centro Nacional de Datos Climáticos, informes del Servicio Geológico de los EE.UU. (USGS), literatura científica, técnica y de planificación incluyendo fuentes de la Junta de Planificación, AAA, AEE, ACT, DRNA, JCA, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., FEMA, AEMEAD y el Municipio.

En la presente actualización del Plan se consideraron los peligros naturales que presentan un potencial significativo de causar daños al presente o en el futuro basado en las condiciones geofísicas que determinan la magnitud y frecuencia de estos eventos y su distribución geográfica. Los siguientes peligros (riesgos) naturales son los que pueden causar daños al Municipio:

- Inundación
- Huracán
- Deslizamientos
- Terremotos
- Sequía
- Tsunami (Maremotos)
- Erosión Costera
- Incendio Forestales y/o de Pastos

A través del Capítulo y en el Apéndice 2 se incluyen varios mapas asociados a la información de riesgos preparados para el Municipio, desde la revisión anterior. Los cambios en el aumento de viviendas fueron en lugares donde ya había desarrollos.

Paso 2 – Perfil de Riesgos

Este paso determina la frecuencia o la probabilidad de los futuros eventos, su gravedad, y factores que pueden afectar su gravedad. Cada riesgo afectará al municipio de manera diferente; por ejemplo, no existen dos huracanes que afecten al municipio en la misma manera debido a que no habrá una misma trayectoria por lo tanto sus efectos no serán los mismos. En la fase de identificación todos los riesgos naturales que pueden afectar al Municipio fueron considerados los riesgos ya mencionados

La identificación de riesgos hace necesaria evaluar la vulnerabilidad debido a la frecuencia con la que ocurren y la magnitud de sus impactos históricos. Esta revisión y actualización del Plan incluye únicamente los asociados a eventos naturales. Los riesgos causados por el hombre o tecnológicos no fueron considerados por ser un Plan enfocado a riesgos naturales.

Paso 3 – Inventario de Activos

El Inventario de activos cuantifica lo que se puede perder, cuando un riesgo ocurre. Específicamente, las personas, los lugares y propiedades que podrían ser afectadas, dañadas o destruidas son cuantificadas.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para ser consistentes con la metodología delineada en el documento titulado *"State and Local Mitigation Planning: How-to Guide: Understanding Your Risk"* (Task A: Páginas 3.4 - 3.6).

En la presente actualización se revisaron los valores incluidos en el Plan anterior según la metodología que se presentara en el Paso 4 y se revisó el inventario.

Población

Una serie de estudios de riesgos fueron realizados a través de la tecnología GIS, para mostrar la ubicación del lugar de vivienda de las personas con relación a las zonas susceptibles a riesgos en el Municipio. Esta información fue utilizada para identificar el número de personas que serán afectadas dependiendo del tipo de riesgo. Esa metodología no fue cambiada en la presente revisión, de acuerdo a la diferencia de población la cual aumentó en 8.54 %, según el Censo de 2010.

Inventario General de Estructuras

En esta versión del Plan se realizó una evaluación para ser utilizada en la clasificación del inventario general de estructuras. A continuación se detallan los procedimientos usados, los cuales no sufrieron cambios en esta revisión, para identificar el número de construcciones y un estimado de los valores del inventario general de construcciones que están expuestos (valor de reposición y valor de contenido). Se utilizó la fórmula de equivalencia del pago sencillo (Single Payment Equivalence) para actualizar los valores de las propiedades al año actual y será descrita en el paso 4, la cual incluirá un ajuste de acuerdo a la disminución poblacional.

1. Las cantidades de unidades de vivienda fueron identificadas a través de datos del Censo de 2010.
2. Se revisaron los costos establecidos en la versión anterior del Plan y se identificaron si habían nuevas estructuras.
3. Este análisis facilitó la determinación del número de edificios por tipo de uso ocupacional y un estimado agregado de los costos de exposición (es decir, valor de reposición adicionado al valor del contenido). Este procedimiento permitió un análisis de la exposición total (es decir número y valor de las estructuras) a través de todo el Municipio.

Instalaciones e Infraestructura de Importancia Crítica

El Comité de Mitigación de Riesgos desarrolló una lista de instalaciones e infraestructura crítica para revisar si ha habido algún cambio durante el periodo de vigencia del Plan anterior. Los procedimientos detallados utilizados para identificar y estimar los valores de exposición de instalaciones críticas los cuales no tuvieron cambios en esta revisión, solo se actualizaron.

El paso final del proceso es una evaluación de vulnerabilidad, que facilita un entendimiento de la distribución de estructuras y su exposición a riesgos por el tipo de uso y la población que está localizada en áreas de riesgo. Los resultados de los perfiles y la identificación de riesgos fueron utilizados para comprender las características de vulnerabilidad (velocidad de vientos, profundidad de inundación, etc.) a fin de valorar los parámetros (daño específico y características de pérdida) de cada activo identificado. Por

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

ejemplo, un edificio en madera tendría daños y características de pérdida diferentes, en el caso de un huracán, que una estructura de hormigón armado. Se asignó un nivel de evaluación de vulnerabilidad de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto, y muy alto) a cada tipo de edificio o instalación para expresar la vulnerabilidad del inventario general de estructuras (tipos de modelo de estructuras) como también instalaciones e infraestructura de importancia crítica.

Paso 4—Estimado de Pérdidas

1. El último paso de la evaluación de riesgos es el estimado de pérdidas, el cual no tuvo cambios en esta revisión del Plan. La identificación de riesgo y los perfiles de resultados utilizados conjuntamente con los resultados de la evaluación de vulnerabilidad para comprender las pérdidas potenciales del inventario general de edificios e instalaciones críticas.

En el caso de los costos, incluidos para los proyectos en el Plan anterior, han sido cambiados para que sean de acuerdo al 2013. Se ha utilizado la fórmula de equivalencia del pago sencillo (Single Payment Equivalence). Se determinó el valor equivalente actual utilizando como valor presente los costos incluidos en el Plan a la fecha de preparado y se determinó el valor futuro (valor al 2013) utilizando la fórmula:

$$F = P(1+i)^n$$

Donde:

n es el período de tiempo determinado, siendo para propósitos del Plan igual a 8 años (el Plan anterior fue aprobado en el 2006).

P es el valor presente al 2006 (año de aprobación del Plan vigente)

F es el valor al 2013

i = 7% de interés, siendo el valor que utiliza la Oficina de Gerencia y Presupuesto Federal (OMB, por sus siglas en inglés) como factor escalado (Escalation Factor) por cada año.

El valor obtenido es $F = P(1+7\%)^8$
 $F = P * (1.7182)$,

De los valores presentes se multiplica por 1.7182 y nos da el valor futuro, siendo el valor al año actual.

Incertidumbres y Limitaciones

Los estimados de pérdida y cálculos de exposición se basan en las mejores metodologías y datos disponibles. Las incertidumbres son inherentes a cualquier metodología de valoración de pérdida y surgen en parte del conocimiento científico incompleto relacionado a los riesgos naturales y sus efectos en el medio ambiente. Las incertidumbres también resultan de las aproximaciones y simplificaciones que son necesarias para conducir un estudio, datos incompletos o no actualizados del inventario de estructuras, parámetros demográficos o económicos, la naturaleza, severidad de cada riesgo y la cantidad del tiempo de aviso que los residentes tienen que prepararse para el evento.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Las limitaciones por la poca información en los estimados de daños ocasionan ciertas incertidumbres, por lo tanto no son precisos, la exposición potencial a riesgos y los estimados de pérdidas son aproximados. Al no proveer resultados con precisión son utilizados para determinar una idea de lo que deberá ocurrir en caso de algún evento. Desafortunadamente no será hasta luego de un evento que se conocerá si la metodología fue efectiva.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES

Los siguientes son los peligros a los cuales el Municipio es vulnerable y su razón por la cual son incorporados en el Plan.

Tabla 4.1: Identificación de Peligros Naturales en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo

PELIGRO	CÓMO SE IDENTIFICÓ	POR QUÉ SE IDENTIFICÓ
Terremotos	Historial sísmico, Mapas de sismicidad, Mapas geológicos, Mapas de aceleraciones sísmicas, Plan anterior	Puerto Rico está ubicado entre la placa del Caribe y la de América del Norte que es una región sismogénica activa - Cabo Rojo está cerca de la región sismogénica del Pasaje de la Mona
Huracanes	Declaraciones recientes de desastre, Mapa probabilístico de peligro de huracanes y tormentas Bibliografía técnica y científica, Plan anterior	Puerto Rico está ubicado en la región del Caribe que se caracteriza por la alta incidencia de huracanes - Han ocurrido huracanes que han causado daños mayores en el Municipio
Inundaciones	Mapas FIRM de FEMA, visitas de campo a áreas con problemas de drenaje - Datos del National Climate Data Center, Plan anterior	Han ocurrido inundaciones que han provocado daños severos en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo y hay inundaciones casi todos los años. Hay problemas de drenaje que causan problemas de inundación en áreas urbanas por pobre drenaje.
Erosión de costa	Estudios de erosión de costas, Publicaciones técnicas y científicas; Fotos Aéreas	Hay daños a la propiedad privada y pública por erosión de costas
Tsunami	Historial de Tsunamis - Mapas de inundaciones por Tsunami, Plan anterior	Cabo Rojo está en la costa suroeste de la Isla la cual está expuesta a Tsunami.
Deslizamientos	Mapas topográficos - Mapas geológicos y de susceptibilidad a deslizamientos	Han ocurrido derrumbes en las laderas y cortes en las montañas y cerros en los terrenos del Municipio
Sequías	-Estudios de NWS, el USGS, AAA así como periódicos y publicaciones	El Municipio ha sufrido pérdidas económicas y numerosos inconvenientes durante las sequías
Incendios Forestales o de Pastos	Susceptibilidad del Municipio por estar ubicado en el sur de Puerto Rico	El Municipio ha sufrido daños en terrenos dedicados a pastos y áreas de bosques.

La identificación de los riesgos ha sido basada en la data histórica de eventos pasados ocurridos desde el 1900, contenidos en los periódicos, récords de la comunidad, historias y entidades gubernamentales. En el caso de terremotos se mencionan los sismos ocurridos en los pasados 500 años que hay información documentada. No hay datos recopilados para poder realizar una evaluación de los incendios forestales o pastos, sequías y erosión costera, por lo tanto no se establecerá su recurrencia aunque el riesgo está incluido en el Plan y el Municipio es vulnerable ya que ha ocurrido en el pasado. Cabo Rojo está expuesto a diversos riesgos que tienen que ser atendidos. El Municipio Autónomo de Cabo Rojo es vulnerable a los siguientes riesgos que se puede definir una probabilidad de acuerdo a la información disponible y eventos ocurridos en la próxima tabla. No hay intervalos de recurrencia definidos para las sequías ni erosión costera:

Tabla 4.2: Probabilidad de Eventos Futuros

Tipo de Evento	Ocurrencias previas	Frecuencia	Probabilidad
Inundación	16	Cada 3 años	Alta
Inundación costanera	4	Cada 5 a 10 años	Moderada
Huracán	4	Cada 3 años	Alta
Terremoto	2	51 y 117 años	Alta
Tsunami	1	51 y 117 años	Alta

1. Huracanes y tormentas (Eventos Atmosféricos o Ciclones Tropicales)

a. Información general

Los huracanes, tormentas tropicales y otros sistemas ciclónicos tienen el potencial de causar daños severos como resultado de las lluvias intensas que usualmente acompañan a estos eventos, la alta velocidad de sus vientos, la erosión de las playas y el efecto de la marejada ciclónica en las áreas costeras. La vulnerabilidad de un área a estos eventos naturales se torna aún mayor como resultado de la pobre edificación de estructuras, la construcción de hogares e infraestructura de todo tipo en zonas inundables cercanas a ríos, quebradas y áreas costeras, así como la destrucción de dunas a consecuencia de la sobre-extracción de arena y la falta de planificación adecuada de uso de los terrenos. Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la intensidad de sus vientos sostenidos:

- Onda Tropical - sistema de nubes desorganizadas con relámpagos y tronadas
- Depresión Tropical - sistema organizado de nubes con una circulación definida y cuyos vientos máximos sostenidos son menores de 39 millas por hora; se considera un ciclón tropical en su fase formativa.
- Tormenta Tropical - sistema organizado de nubes con una circulación definida y cuyos vientos máximos sostenidos fluctúan entre 39 y 73 millas por hora.
- Huracán - ciclón tropical de intensidad máxima en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan las 74 millas por hora; tiene un centro muy definido con una presión barométrica muy baja en éste; vientos de más de 150 millas por hora han sido medidos en los huracanes más intensos.
- Marejada Ciclónica - la baja presión en el centro del huracán hace que se suba el nivel del mar hasta 20 pies; este oleaje puede afectar hasta 100 millas de la costa

Debido a que los vientos máximos del huracán están circunscritos al área inmediatamente alrededor del ojo, la probabilidad anual de ser afectado por vientos huracanados es baja cuando la comparamos con la probabilidad de ser afectados por las lluvias que acompañan estos sistemas.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.3: Escala Saffir Simpson

Tipo	Categoría	Daño	Velocidad del viento (mph)	Altura de la marejada ciclónica
Huracán	1	mínimo	74-95	4-5 pies
Huracán	2	moderado	96-110	6-8 pies
Huracán	3	extenso	111-130	9-12 pies
Huracán	4	extremo	131-155	13-18 pies
Huracán	5	catastrófico	>155	>18 pies

De manera que los daños que produzcan las tormentas y huracanes que pasen por nuestra región geográfica y afecten al Municipio la mayor parte de las veces, debido al efecto de las lluvias, inundaciones, deslizamientos y otros movimientos de masa. Los daños mayores producidos por vientos ocurrirán con mucha menor frecuencia (una probabilidad de aproximadamente 3% anual).

Las tormentas y huracanes son sistemas de vientos que soplan en forma giratoria con gran intensidad con efectos devastadores. Uno de los efectos principales es la lluvia (Picó 1975:159). Estos fenómenos son elementos habituales del tiempo en el Caribe durante los meses de mayor calor, desde junio hasta noviembre. El concepto popular de la tormenta o huracán es el de una masa de vientos, nubes, y lluvia que se mueve a gran velocidad y se va desplazando sobre la superficie, dejando una estela de destrucción. Desde el punto de vista del observador en el terreno, la tormenta o huracán que se acerca desde el este tiene tres etapas de paso: el comienzo, con vientos del norte y el este; la calma, cuando el vórtice pasa por el sitio afectado; y la "virazón", con los vientos del sur o sureste del "rabo", o parte sur (Picó 1975:179-182).

La destrucción de la tormenta o huracán aumenta según la cercanía al vórtice. Hay dos bandas, una a cada lado del camino seguido por el vórtice, donde la destrucción va siendo menor a medida que la distancia al camino seguido por el vórtice es mayor. Un huracán grande puede tener un vórtice de 200 a 300 millas, lo que cubriría toda la Isla. El tamaño, sin embargo, no tiene que ver con su fuerza destructiva, que depende mucho más de la baja presión barométrica en su centro (Picó 1975:182). La época de peligro mayor es entre el 15 de agosto y el 15 de octubre, con septiembre como el mes de mayor frecuencia (Picó 1975:181), el día pico de la temporada de huracanes es el 10 de septiembre, de acuerdo a las estadísticas históricas del Centro Nacional de Huracanes.

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo está ubicado en el sur de Puerto Rico y su línea de costa está expuesta a la acción directa de las marejadas. Uno de los principales problemas en el caso de huracanes y tormentas está asociado a inundaciones de ríos o quebradas (riverinas), los efectos del viento y la marejada ciclónica, así como a los deslizamientos, caídas de rocas y hundimientos del terreno que ocurren como resultado de la saturación del suelo en eventos acompañados de lluvias intensas y prolongadas.

La vulnerabilidad de un área a los eventos naturales es aún mayor como resultado de las prácticas inadecuadas de construcción que no siguen los códigos establecidos y por la construcción de hogares y ubicación de infraestructura en zonas susceptibles a inundaciones, mayormente en las áreas cercanas a ríos, quebradas, humedales y playas. Para propósitos de este Plan de Mitigación, los daños ocasionados por las inundaciones costeras y ribereñas asociadas al paso de huracanes y tormentas tropicales en el Municipio serán discutidos bajo el tema de inundaciones.

b. Eventos históricos y recientes

A través de la historia el Municipio, al igual que la mayor parte de la Isla, ha sufrido el embate de huracanes y tormentas de gran intensidad. A continuación se detallan los posibles efectos en el Municipio con información de algunos eventos atmosféricos encontrados en nuestra revisión que han afectado desde el Siglo XX y XXI.

SAN LIBORIO- 23-24 de julio de 1926 (Huracán)

Llegó al área del Caribe cerca de Martinica, luego pasó sobre el suroeste de Puerto Rico en ruta noroeste. Se sintió en toda la Isla con vientos y lluvias fuertes. Causó 25 muertes y pérdidas estimadas en 5 millones de dólares. En San Juan se registraron vientos de 66 m.p.h. con presión barométrica de 29.62 pulgadas de mercurio.

SAN FELIPE II- 13 de septiembre de 1928 (Huracán)

El huracán San Felipe II ocurrió el día 13 de septiembre de 1928, está clasificado como el más grande, violento y desastroso de los que han azotado a Puerto Rico. Fue un huracán de categoría 5, siendo ésta la máxima en la escala Saffir-Simpson para clasificar los huracanes. A pesar de haber sido el más terrible de nuestros huracanes, tanto San Ciriaco como Santa Ana causaron mayor número de muertes que éste. El día 13 de septiembre atravesó a Puerto Rico, donde se informaron la velocidad de los vientos, la cantidad de lluvia y la destrucción más grande registrada en años recientes a esa época.

El huracán entró por la parte sureste de la Isla, temprano en la mañana del jueves, 13 de septiembre de 1928, con el vórtice cerca de Guayama y atravesó la Isla en dirección oeste-noroeste, saliendo de Puerto Rico entre Aguadilla e Isabela. El centro del huracán hizo el recorrido en unas 8 horas, moviéndose a razón de 13 millas por hora. El huracán ocasionó aproximadamente 312 muertes ya que el aviso fue con tiempo suficiente para que se pudiesen tomar las precauciones necesarias.

La lluvia de los días 13 y 14 de septiembre de 1928, constituye el récord máximo (asociado a un huracán) para Puerto Rico en un período de 48 horas. En aquellas regiones donde normalmente la precipitación es mayor, como en la vecindad de Adjuntas en la Cordillera Central y en la Sierra de Luquillo, la lluvia excedió de 25 pulgadas, con 29.60 pulgadas de Adjuntas. Hubo destrucción general sobre toda la Isla resultando prácticamente barridos los pueblos por donde el centro u ojo pasó cerca. Los daños fueron estimados en \$50 millones que para esos tiempos era muchísimo dinero. La destrucción causada fue sin precedentes. No quedó casi ningún edificio ileso. Algunas centrales azucareras que habían costado millones de dólares, fueron reducidas a escombros. De millares de casitas de campesinos no quedaron vestigios; 24,728 habitaciones fueron destruidas por completo y 192,444 en parte, las siembras de caña fueron inundadas por lluvias torrenciales que alcanzaron 29.60 pulgadas en 48 horas. Los hermosos cafetales y miles de árboles frutales fueron arrasados, casi la mitad de los cafetos y más de la mitad de los árboles de sombra fueron destruidos.

La cosecha del café se perdió casi por completo. Los tabacales sufrieron grandes daños. Las comunicaciones fueron obstaculizadas por árboles caídos, derrumbes y puentes deshabilitados.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Las obras públicas sufrieron grandes daños. En los edificios escolares 770 fueron destruidos o averiados. Las pérdidas y daños causados, sin incluir efectos personales, alcanzaron la suma de \$85,312,000.00 según datos del doctor Miller y más de 500,000 personas quedaron desamparadas por completo. Las consecuencias de los daños a la agricultura tardaron bastante en volver a lo normal, especialmente el café que requiere árboles de sombra, de los cuales muchos se perdieron.

SAN CIPRIÁN- 26-27 de septiembre de 1932 (Huracán)

El vórtice entró a Puerto Rico cerca de Ceiba a las 10:00 p.m. del día 26, pasó justo al sur de San Juan (con presión baja de 28.95 a la 1:00 a.m.) y dejó la Isla cerca de Aguadilla como a la 5:30 a.m. del día 27. La velocidad más alta del viento en San Juan se calcula que de aproximadamente 120 m.p.h. La lluvia no fue fuerte, comparada con otros fenómenos de esta naturaleza que nos han visitado. La cantidad más alta de lluvia se registró en Maricao: 16.60 pulgadas de lluvia. En la parte sur de la Isla el huracán no se sintió con la violencia como en toda la región Norte, como el centro pasó directamente sobre la región norte. Debido a la cantidad de lluvia caída en Maricao debe haber ocurrido daños en el Municipio como resultado de crecidas por el Río Guanajibo y las quebradas y arroyos.

ELOISE (ELOÍSA)- 15-16 de septiembre de 1975 (Tormenta)

Su paso fue de 30 a 40 millas al norte de Puerto Rico en ruta al oeste. Causó lluvia copiosa sobre la isla con inundaciones extraordinarias en el suroeste y en el centro de la isla. Murieron unas 44 personas, mayormente en los pueblos desde Guayanilla hasta Cabo Rojo. Además se inundaron urbanizaciones en Ponce, Sabana Grande, Yauco y San Germán. De acuerdo a la información obtenida en la Vista Pública hubo daños severos en el Municipio, en especial en la Urb. La Concepción.

Datos de lluvia, en Maricao indican que el récord de lluvia en 24 horas, de 23.00 pulgadas establecido en San Ciriaco en 1899, puede haber sido superado, pero la información de dicho huracán no ha podido ser verificada. Eloísa se mantuvo en la categoría de tormenta tropical mientras cruzaba al norte de la costa norte de Puerto Rico.

DAVID- 30 de agosto de 1979 (Huracán)

Aunque la trayectoria final fue de 90 millas al sur de Ponce y 70 millas al sur de Cabo Rojo, toda la Isla sintió los efectos del huracán el día 30 de agosto. Si David hubiese azotado directamente a Puerto Rico, pudo haber sido el peor desastre en la historia de la Isla, según fue informado en la página 43, del informe de Desastre Federal de mayo de 1980 de NOAA sobre los huracanes David y Federico.

Tiempo borrascoso acompañado de fuertes ráfagas cubrió toda la Isla debido al gran tamaño del huracán. Ocurrieron inundaciones severas sobre las áreas este, sur y norte de Puerto Rico durante el día del 31 de agosto. La lluvia dejada por el huracán fue 19 pulgadas en la esquina suroeste, la cual afectó al Municipio. Los daños asociados al paso del huracán fueron \$55,000,000.00 en pérdidas en el equipo y la producción agrícola (incluyen un 50% en pérdidas en la cosecha de plátanos valorada en \$17,000,000). Una gran parte de las pérdidas a la agricultura fueron ocasionadas por los vientos de intensidad de tormenta tropical que ocurrieron en la costa

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

sur y suroeste. El área de ráfagas huracanadas llegó a alcanzar la Isla en la costa suroeste. Sobre 800 hogares fueron destruidos y más de 8,000 fueron damnificados y ocurrieron siete muertes.

FEDERICO - 4 de septiembre de 1979 (Tormenta)

La tormenta tropical Federico se formó el 30 de agosto al este de las Islas de Sotavento. Al mediodía del 1ro de septiembre, ésta se convirtió en huracán. El vórtice de Federico, por el contrario, no se desarrolló al mismo ritmo que David y arribó a las Antillas, cerca de Antigua, con muy pobre organización. Al principio se pronosticó que Federico pasaría como a 100 millas al norte de Puerto Rico. Sin embargo, ocurrió un cambio en su trayectoria que hizo que Federico pasara al sur de St. Thomas, I.V., y cruzara a Puerto Rico de Fajardo a Cabo Rojo con vientos generalmente leves.

Los vientos borrascosos de Federico permanecieron sobre el mar al sur de la Isla. Los daños ocasionados por el huracán David y la tormenta tropical Federico ascendieron a 125 millones de dólares.

HORTENSE (HORTENSIA) - 9-10 de septiembre de 1996 (Huracán)

El huracán Hortense, se convirtió en solamente el segundo huracán desde el 1932 el cual su ojo pasara completamente sobre Puerto Rico, aunque fue a través de la parte suroeste. Afortunadamente, Hortense fue un huracán inmaduro (recientemente formado) sólo de categoría I, con vientos máximos sostenidos de 80 m.p.h.

Hortense entró por Guánica a las 2:30 a.m. del 10 de septiembre saliendo después por el límite entre Mayagüez-Aguadilla a las 3:45 a.m. El huracán causó más daños por la lluvia que por viento. La velocidad muy lenta de traslación de este fenómeno atmosférico mantuvo a la expectativa a todos en la Isla por unos cuantos días.

Daños Ocasionados por los Vientos: El ojo del huracán Hortense entró por la bahía de Guánica, sin embargo causó menos daños que los anticipados. Sólo destruyó dos residencias y arrancó los techos de unas 50 casas. La marea alta socavó la arena en el Balneario de Caña Gorda, lanzándola 30 pies tierra adentro. En Puerto Rico, 19 muertes se atribuyeron directas e indirectas al huracán Hortense y hubo informes no oficiales de dos personas desaparecidas. La mayor parte de la gente fue arrastrada por las corrientes de los ríos cuando estaban ocurriendo inundaciones repentinas.

Los daños a la agricultura se estimaron en \$128.39 millones, afectándose mayormente las cosechas de café, los plátanos, guineos y el sector de plantas ornamentales. Los daños a caminos y carreteras fueron estimados en \$25 millones. Luego de haber pasado el huracán, 1.3 millones de usuarios permanecieron sin energía eléctrica, 1.1 millones de usuarios sin servicio de agua y 10,563 personas fueron refugiadas durante la emergencia. Seiscientos cincuenta (650) residencias registraron daños significativos y 71 municipios fueron declarados zonas de desastre.

GEORGES - 21 de septiembre de 1998 (Huracán)

El huracán Georges fue el último huracán destructivo en azotar y cruzar la Isla entera de Puerto Rico desde el huracán San Ciprián en septiembre de 1932. El huracán Georges atravesó la isla de Puerto Rico de este a oeste y según observaciones hechas por el radar Doppler, éste efectuó un

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

movimiento oscilante, a veces sobre la Cordillera Central y a veces al sur de ésta. A eso de la 1:00 a.m. del martes, 22 de septiembre, el centro u ojo del huracán Georges salió de Puerto Rico y entró al Canal de la Mona, siendo localizado como a 25 millas al oeste suroeste de Cabo Rojo, aún con vientos sostenidos de 110 m.p.h.

Durante su trayectoria a lo largo de la Isla, el huracán Georges azotó con vientos máximos sostenidos de 115 m.p.h. Su centro u ojo de 25 a 30 millas de diámetro, no permitió a ninguna parte de la Isla escapar el embate y furia del huracán Georges. En la Cordillera Central, cayeron más de 20 pulgadas de lluvia en un período de 48 horas. El huracán causó un daño catastrófico en el sector agrícola. Se perdió el 75 % de la cosecha del café, 95 % de las cosechas de guineos y plátanos y el 65 % de la industria avícola.

Un 96 % de los usuarios de la Autoridad de Energía Eléctrica permanecieron sin servicio de energía eléctrica y un 75 % quedaron sin servicio de agua. Se estimó que un 50 % de los cables y postes eléctricos fueron destruidos. El daño a las carreteras se estimó en \$21,995, 975. El servicio de teléfonos se afectó quedando sin servicio un 8.4 % de los usuarios. El huracán causó un daño catastrófico en el sector agrícola. La Isla perdió un 75 % de la cosecha del café, un 95 % de las cosechas de guineos y plátanos y un 65 % de la industria avícola. Un total de 28,005 casas fueron destruidas y 72,605 casas de todo tipo fueron parcialmente destruidas. Las escuelas públicas sufrieron un total de \$20 a \$25 millones en pérdidas. Durante el paso del huracán se abrieron 401 refugios y se albergaron 29,107 personas.

En el Municipio Autónomo de Cabo Rojo el Huracán Georges causó daños directos a propiedad pública y privada. Muchas unidades de vivienda sufrieron daños causados por los vientos y/o las inundaciones. El daño mayor ocurrió en las viviendas de madera donde el viento arrancó el techo y ventanas. El Municipio Autónomo de Cabo Rojo se vio afectado por:

- agua potable
- servicio telefónico
- sistema eléctrico interrumpido
- personas sin hogar
- casas dañadas o destruidas
- puentes, y millas de carreteras averiadas o bloqueadas
- escombros
- pérdidas en la agricultura

SIGLO XXI

JEANNE – 15 de septiembre de 2004 (Tormenta)

La tormenta tropical Jeanne cruzó Puerto Rico, afectando a Cabo Rojo, el 15 de septiembre de 2004, luego sobre el Pasaje de la Mona. La cantidad de lluvia mayor reportada fue en Campamento García, Vieques con 23.75 pulgadas. Los totales de lluvia promedio fueron de 5 a 15 pulgadas con algunas cantidades locales mayores. Esta magnitud de lluvia produjo inundaciones mayores e históricas en muchos ríos de Puerto Rico.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

IRENE – 21 al 24 de agosto de 2011 (Huracán)

El huracán Irene fue un ciclón tropical en el oeste del Atlántico norte, fue la novena tormenta en recibir nombre de la temporada del 2011 y la primera en alcanzar la categoría de huracán de la misma. Se desarrolló a partir de una onda tropical bien definida que comenzó a organizarse al este de las islas de Barlovento. Irene pasó cerca de Saint Croix el 21 de agosto y continuó su avance por el O.

Tocó tierra en Puerto Rico con fuerza cercana a la de un huracán, causando fuertes vientos y daños importantes. Durante su paso por la isla adquirió intensidad de huracán, sus efectos se sintieron del 21 al 24 de agosto de 2011.

A lo largo y ancho de Puerto Rico, las lluvias intensas causaron daños considerables en varias carreteras, en tanto los vientos huracanados derribaban numerosos árboles y postes de servicio, dejando a más de 1 millón de habitantes sin energía eléctrica, según la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). Asimismo, unos 121,000 clientes del servicio de agua potable quedaron sin servicio en plena tormenta, mientras que al menos 771 personas se desplazaron a los refugios.

En los lugares más elevados, los vientos se estimaron en 110 mph según datos de radar, varios ríos se desbordaron a causa de las intensas precipitaciones. En las primeras horas del 22 de agosto, el aeropuerto Luis Muñoz Marín de San Juan registró la caída de 2.85 pulgadas de lluvia en un período de 24 horas y vientos que alcanzaron las 41 mph en dicha ubicación.

El sector agrícola también sufrió pérdidas debido al huracán, en particular cerca del lugar donde Irene tocó tierra. Los intensos vientos arrancaron cultivos y numerosas plantaciones de plátanos y cafetales padecieron daños menores.

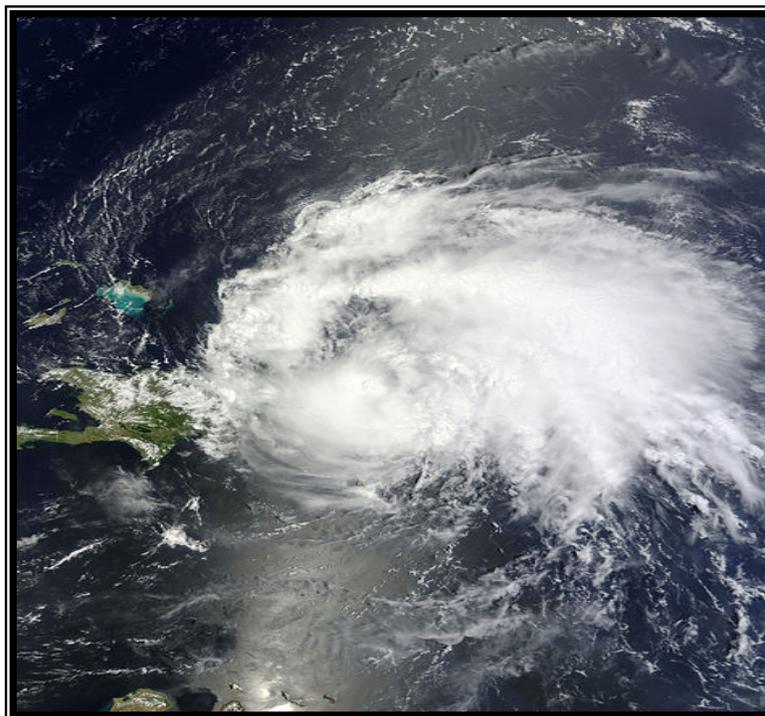
Las más afectadas fueron las plantaciones cercanas a las localidades de Yabucoa y Maunabo, donde las inundaciones arruinaron una gran cantidad de plátanos. En las inmediaciones de isla Culebra, se reportó el hundimiento de un velero antes de la llegada del ojo de Irene. Vientos con intensidad de temporal destrozaron residencias y un total de 46 personas buscaron refugio en albergues. En la isla de Vieques se registraron vientos de 52 mph con ráfagas huracanadas de 71. Se registraron algunos cortes de los servicios eléctricos y telefónicos. El aeropuerto local detuvo sus operaciones.

El presidente Barack Obama declaró zona de desastre para Puerto Rico ofreciendo ayuda financiera federal.

Efectos de los Huracanes en Cabo Rojo

En el Municipio Autónomo de Cabo Rojo las actividades económicas son altamente vulnerables a las perturbaciones y daños de los efectos de condiciones extremas del clima. Están concentrados principalmente en las llanuras costeras, y las zonas bajas expuestas a marejadas ciclónicas y a inundaciones.

Figura 4.2: Huracán Irene sobre Puerto Rico



Las altas demandas que se hacen a la infraestructura de servicios vitales existente, junto a inadecuados fondos para la expansión y mantenimiento de estos sistemas vitales, aumentan su susceptibilidad al colapso. El crecimiento descontrolado de los centros urbanos degrada el ambiente físico y su capacidad de protección natural. Los sitios de construcciones que son seguros en relación a los peligros naturales, la contaminación y accidentes, son inaccesibles para personas de bajos ingresos, a quienes sólo les queda vivir en las áreas de riesgos. Existen mecanismos de planificación tales como el POT y la delegación de jerarquías para que el Municipio pueda emitir permisos y así reglamentar las zonas de alto riesgo.

La distribución de vientos en Cabo Rojo es variada debido a los siguientes factores:

- El Municipio es susceptible a sistemas atmosféricos,
- Los vientos fuertes han causado daños extensos a través del Municipio,
- Los vientos intensos pueden causar daños a las estructuras residenciales y utilidades (agua, energía eléctrica, telecomunicaciones y redes de transportación),
- Los daños relacionados a vientos son atribuidos a las construcciones informales por la falta de diseños contemplando la resistencia de vientos,
- Los daños son desde árboles arrancados hasta residencias destruidas.

Los escasos recursos destinados a proyectos de desarrollo tienen que ser dedicados al socorro y a la reconstrucción después de un desastre en el Municipio atrasando o posponiendo el crecimiento económico, social y cultural. Para evaluar los riesgos futuros, se ha analizado las tendencias históricas y

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

correlacionarlas con probables cambios futuros. La principal causa de una creciente vulnerabilidad es el movimiento de la población hacia áreas de alto riesgo.

Los sectores económicos más afectados por los huracanes en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo son el turismo y la agricultura. Ambos, en especial el turismo, representan una porción principal de la economía del Municipio. Los daños a la industria del turismo son más difíciles de cuantificar pues incluyen muchos otros sectores económicamente identificables tales como transporte, servicios hoteleros y desarrollo artesanal cultural al igual que la industria pesquera y deportivo marítimo.

Marejada Ciclónica

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo se ve directamente afectado por las marejadas ciclónicas debido a estar en la costa suroeste de la Isla haciéndolo vulnerable a un evento de oleaje extremo durante el paso de un huracán. La vulnerabilidad se debe a que la plataforma (o topografía submarina) es de poca profundidad y el oleaje llega a la costa sin disipar mucha energía. El oleaje pierde energía cuando siente el fondo del mar. Al tener la plataforma poca profundidad la ola no pierde mucha energía ocasionando que entre tierra adentro y provoque daños a propiedades.

Este fue un estudio realizado en el Recinto Universitario de Mayagüez (RUM) de la Universidad de Puerto Rico (UPR). La misma forma parte de un proyecto del Departamento de Ciencias Marinas que evaluó el impacto del oleaje extremo en los principales puertos y bahías de la Isla. Los resultados de la investigación servirán para saber cuán vulnerable pueden ser las estructuras que están cerca de los puertos y las bahías. La investigación se enfocó en los contornos del oleaje que choca con la costa. Eso podría proveer un estimado del tipo de oleaje que puede impactar a distintas áreas durante un huracán.

Los resultados servirán para la prevención de desastres, emergencias y diseños de estructuras. Para hacer el estudio, los investigadores utilizaron modelos matemáticos, con modelos de huracanes y de olas. Asimismo se basaron en reportes climatológicos de entidades como la Organización de Estados Americanos y el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos. Se tomó como base el azote de un huracán categoría cinco con olas de sobre 20 pies.

Vientos Intensos

El viento se define como el aire del movimiento en relación la superficie de la tierra. El componente horizontal del flujo tridimensional y el fenómeno superficial cercano del viento son los aspectos más significativos del peligro. Los vientos intensos con excepción de tornados son experiencias que se han experimentados en varios lugares de Puerto Rico y en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo. Las áreas que experimentan las velocidades del viento más fuerte es la región costera y en el caso del Municipio debido a la influencia del Mar de Caribe y el Canal de la Mona.

Es difícil separar las variantes componentes de los vientos intensos o tormentas de vientos que causan daños comparados con otros acontecimientos que puedan generar vientos intensos o tormentas con vientos. Por ejemplo las tormentas tropicales o los huracanes.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

En el Municipio Autónomo de Cabo Rojo se ha experimentado los vientos intensos o tormentas de vientos en los barrios Llanos Tuna, Monte Grande, Bajura y Miradero. Estos vientos intensos se describen como una franja imaginaria que comienzan en la carretera estatal PR-103 y terminan en la carretera estatal PR-102. Este riesgo ha ocasionado daños en la propiedad, la infraestructura y la vida humana.

Recurrencia de Huracanes en Cabo Rojo

El Centro Nacional de Huracanes (CNH) ha definido los periodos de recurrencia de algunos huracanes con intensidad o categorías mayor de 3 los cuales pueden ser esperado en 75 millas náuticas o menos para una ubicación determinada de acuerdo a estudios realizados.

El intervalo de recurrencia de 20 años para un huracán categoría 3 o más significa que en promedio por los 100 años previos afecto sobre 5 veces. Por lo tanto se puede esperar en promedio 5 huracanes de tal magnitud en los siguientes 100 años, según definido por el CNH y puede ser obtenido en el siguiente enlace:

<http://www.nhc.noaa.gov/pastprofile.shtml#cp100>

La información obtenida nos ofrece información sobre las fechas de los ciclones tropicales que han afectado a Cabo Rojo. Incluimos una tabla presentando el intervalo entre cada uno de los ciclones. De acuerdo a los datos obtenidos sobre las fechas de los ciclones tropicales que han afectado a Cabo Rojo.. Incluimos una tabla presentando el intervalo entre cada uno de dichos ciclones que hemos descrito sus efectos. El peligro que presentan los huracanes en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo está en función de la probabilidad que un huracán de cierta intensidad impacte y la vulnerabilidad del Municipio. La vulnerabilidad es un concepto complicado, que tiene dimensiones físicas, sociales, económicas y políticas. Incluye aspectos tales como la capacidad de las estructuras de resistir las fuerzas de un evento peligroso, el grado en que la comunidad posee los medios para organizarse y está preparada para manejar las emergencias, el grado que la economía del Municipio depende de un sólo producto o servicio que fácilmente puede ser afectado por el desastre, y el grado de centralización en la toma de decisiones del sector público.

Tabla 4.4: Varios Ciclones que Afectaron a Cabo Rojo (1900 – 2014)

Nombre	Año	Evento	Intervalo (años)
San Liborio	1926	Huracán	
			2
San Felipe II	1928	Huracán	
			3
San Ciprián	1932	Huracán	
			43
Eloise (Eloisa)	1975	Tormenta	
			4
David	1979	Huracán	
			0

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Nombre	Año	Evento	Intervalo (años)
Federico	1979	Tormenta	
			17
Hortense	1996	Huracán	
			2
Georges	1998	Huracán	
			6
Jeanne	2004	Tormenta	
			7
Irene	2011	Huracán	

Se puede observar que el intervalo menor entre eventos fue en el año 1979, un huracán y una tormenta ocasionó efectos sobre el Municipio. El intervalo mayor fue entre los años 1932 al 1975, donde transcurrieron 43 años, uno fue huracán y la otra tormenta. Otra evaluación fue realizada para determinar los meses donde ocurrieron los ciclones tropicales, a continuación se muestra una relación:

Tabla 4.5: Meses que han Ocurrido los Ciclones Atmosféricos

Mes	Eventos atmosféricos
Junio	0
Julio	1
Agosto	2
Septiembre	7
Octubre	1
Noviembre	0

El mes donde hubo mayor actividad ciclónica fue septiembre con 7, seguido por el mes de agosto con 2. Los meses donde hubo menos actividad fueron junio y noviembre con ninguno documentado, octubre y julio con un evento. Es importante señalar que estos fueron los ciclones atmosféricos que tuvieron mayor daño en el Municipio y no todos los que ocurrieron durante las temporadas de huracanes en los últimos 11 años.

Los mapas de riesgo de exposición a eventos ciclónicos indican que la probabilidad de ser impactado por una tormenta tropical o un huracán que pase a unas 100 millas del Municipio Autónomo de Cabo Rojo (165 km) es de aproximadamente 43% en cualquier año. De igual forma la probabilidad de que un huracán directamente afecte a Cabo Rojo durante la temporada de huracanes entre junio y noviembre y que pase a una distancia menor de 60 millas (110 km) es de aproximadamente 12%. Por otro lado, la probabilidad de que un huracán mayor (escala Saffir-Simpson 3, 4 ó 5) pase a menos de 30 millas (50 km) del Municipio y afecte directamente el área en algún momento entre junio y noviembre es de aproximadamente 3% en cualquier año (Kimberlain, 2004). En la figura 4.3, se incluye una gráfica que incluye la probabilidad empírica de tormentas en el Área del Caribe preparada por el Servicio Nacional de Meteorología.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

De acuerdo al Plan anterior los periodos de mayor actividad de huracanes y tormentas que han afectado el área de Cabo Rojo fueron de 1960 a 1964 y de 1995 al 1999. La figura 4.4, muestra la frecuencia de huracanes que han pasado en o cerca del Municipio Autónomo de Cabo Rojo desde 1994 al 2003.

Figura 4.3: Probabilidad Empírica de Tormentas Nominadas

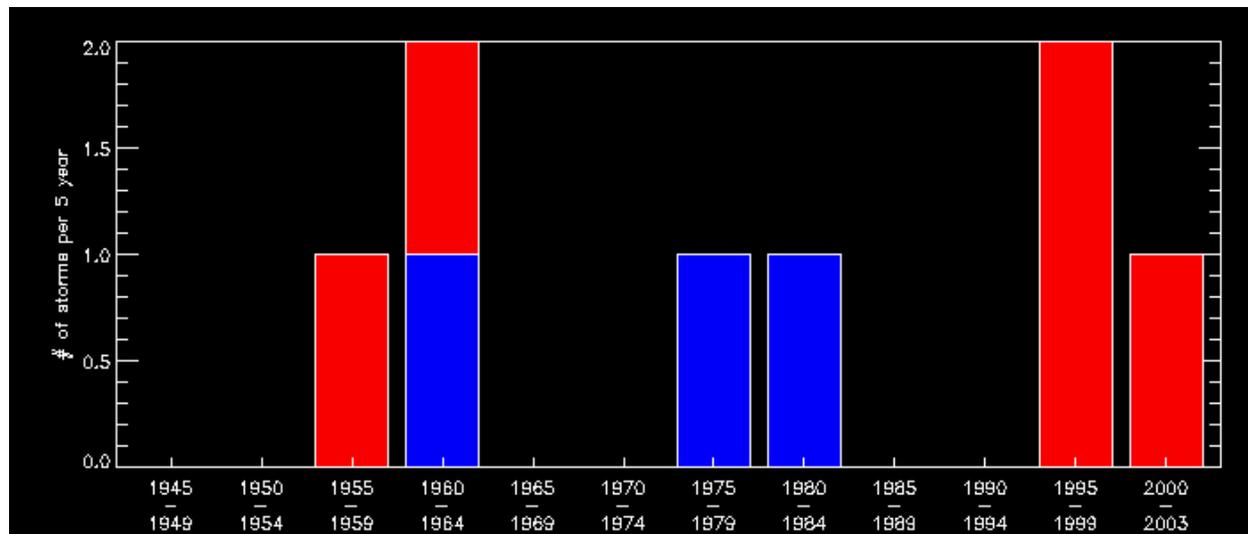
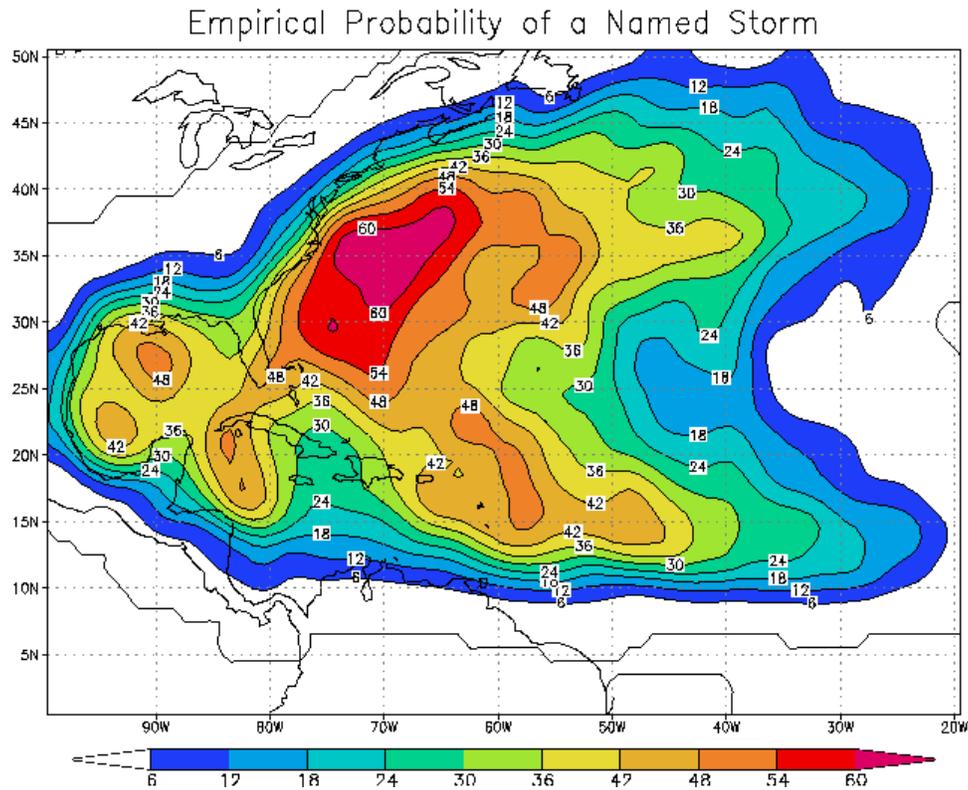


Figura 4.4: Huracanes categoría 3-5 (violeta), categoría 1-2 (rojos) tormentas tropicales (azul)

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

INUNDACIONES

La Isla de Puerto Rico ha sufrido los daños ocasionados por las inundaciones a través de toda su historia. A nivel mundial no hay otro desastre que se compare por su alta frecuencia y la causa principal del número más alto en la pérdida de vidas y propiedades. La combinación de efectos por los eventos atmosféricos como los huracanes acompañados por lluvias fuertes junto a la ubicación de propiedades en áreas susceptibles a inundación o pobre drenaje aumentan los daños que estos fenómenos pueden ocasionar en nuestra Isla.

Es difícil precisar donde y cuando ocurrirán las inundaciones, siendo más difícil determinar cuando son repentinas donde al llover fuertemente en un corto período de tiempo, los niveles de los ríos alcanzan grandes alturas desbordándose y deslizándose río abajo. El huracán Hortense ocasionó la muerte de 22 personas a consecuencia de las fuertes lluvias y crecientes de ríos. La mayor parte de los ríos se salieron de sus cauces entrando a residencias y otras propiedades.

En los meses de mayo a noviembre las ondas tropicales y ciclones son los responsables de la lluvia. La mayoría de las inundaciones no tiene que ver con los huracanes sino con fenómenos de menor intensidad que provocan las lluvias en zonas montañosas.

En Puerto Rico el Servicio Nacional de Meteorología ha establecido que se puede esperar una inundación repentina si en el área (cuenca) hidrográfica han caído tres (3) pulgadas de lluvia en tres (3) horas a razón de una (1) pulgada por hora. Hay ocasiones que puede estar lloviendo intensamente en el área montañosa y en el llano costero se mantienen las condiciones soleadas ocasionando el peligro de una inundación repentina debido a que los ríos y quebradas nacen en la montaña y desembocan en la costa.

Al provocar el desbordamiento, el río puede quedar fuera de su cauce por varias horas y hasta días, en ese caso se convierte en inundaciones de ríos. En las zonas urbanas la falta de mantenimiento adecuado en los sistemas de drenajes y escombros que flotan evita que el agua fluya por los drenajes existentes en las calles y carreteras en las zonas urbanas provocando las inundaciones urbanas.

En promedio, Puerto Rico sufre los efectos adversos de inundaciones una vez cada diez años, principalmente como consecuencia de los huracanes que azotan la Isla o su vecindad (Quiñones, 1992). Entre 1988 y 1994 la Isla ha sido afectada por 17 inundaciones severas (USGS, 1999). Nueve de estas inundaciones se originaron de tormentas y ondas tropicales. Los efectos de estas inundaciones se acentuaron debido al desarrollo urbano en los valles de los ríos principales, mayormente en los valles costaneros. Se estima que más de 160,000 familias viven en zonas inundables. De estas hay 14,500 familias para un total de 55,000 habitantes que viven en zonas de máximo riesgo a inundaciones.

Las áreas costeras son susceptibles a la marejada ciclónica cuando existe la amenaza de un huracán. La marejada puede penetrar tierra adentro dependiendo de la trayectoria del huracán. El promedio de inundaciones es de aproximadamente una cada 2 años. De acuerdo con FEMA, cinco de los 35 desastres de huracanes más costosos, en términos de daños, han afectado a Puerto Rico. Además, cuatro de los diez huracanes más costosos, en términos de la ayuda provista por FEMA afectaron a Puerto Rico.

Todos estos eventos naturales han evidenciado la importancia de los Mapas del Seguro Nacional Contra Inundaciones y sus respectivos estudios, tanto en la respuesta al desastre como en la mitigación del

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

peligro natural. Este tipo de desastres han demostrado cuán importante es tener la capacidad de obtener fácilmente mapas de riesgo que reflejen las condiciones existentes de un posible riesgo a inundación.

Tipos de Inundaciones

Inundaciones Prolongadas

Una vez la lluvia ha provocado el desbordamiento de las quebradas y problemas en áreas bajas que hay en la jurisdicción del Municipio Autónomo de Cabo Rojo, los mismos pueden quedar fuera de sus cauces por varias horas y hasta días. En este caso, no se habla de inundaciones repentinas, sino de Inundaciones de Ríos. Si el evento de lluvia se mantiene por varias horas y la intensidad de la misma disminuye, pero sigue constante, se hará muy difícil a la corriente agua, retornar a su nivel o cauce normal, por lo que se conocen como prolongadas. Estas denominadas inundaciones (prolongadas), asociadas a las llamadas repentinas, fue el principal eje de preocupación del Comité de Mitigación, al evaluar e identificar los riesgos del Municipio para la correspondiente mitigación aplicable.

Inundaciones Repentinas

La Inundación Repentina es la más peligrosa en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo y en todo Puerto Rico. Ocurre de forma rápida y a veces sin oportunidad de avisos formales del Servicio Nacional de Meteorología. Son las inundaciones de mayor dificultad para pronosticar y las que requieren acción inmediata de las personas que están en peligro de ser afectadas, por vivir en zonas inundables en el Municipio. Las lluvias repentinas se inician cerca o sobre la montaña, mientras en el llano costero prevalecen condiciones soleadas. Esto ocurre debido a que las quebradas nacen en la montaña y discurren a través del Municipio algunas hasta desembocar en la costa, por lo el agua que cae eventualmente llega a las costas o se acumulan si no hay desemboque. Este transcurrir del paso del agua puede ocurrir en un intervalo entre (30) minutos hasta (6) horas, poniendo peligro la vida y la propiedad.

Inundaciones Urbanas

En las zonas urbanas de cualquier jurisdicción municipal, la falta de mantenimiento adecuado de los sistemas de drenaje los escombros flotan y son arrastrados por las lluvias, evita que el agua fluya por los drenajes existentes, en las calles y carreteras de las zonas urbanas. El agua puede acumularse y provocar inundaciones serias, que ponen en peligro la propiedad residencial y comercial, así como, a su contenido. Además, la tierra pierde la capacidad de absorber la lluvia a consecuencia de los desarrollos urbanos, tales como: carreteras, urbanizaciones, estacionamiento, entre otros.

Las lluvias que ocasionan problemas serios para nuestra Isla son las de carácter intenso por la presencia de fenómenos atmosféricos. En los meses de diciembre a abril los frentes de fríos y vaguadas afectan las condiciones del tiempo. En estos meses han ocurrido eventos significativos como el frente de frío del 5 y 6 de enero de 1992. En Cabo Rojo existen tres tipos principales de zona inundables a saber:

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

- La Zona A - incluye los terrenos que se ubican dentro de los límites del cauce mayor (el lecho de un río, quebrada, arroyo o drenaje pluvial natural y aquellas porciones de terrenos adyacentes que se deben reservar para descargar la inundación base).
- La Zona V - Incluye los terrenos que ubiquen en las áreas costaneras de alto peligro por marejadas.
- La Zona AE - Incluye los terrenos susceptibles a la inundación bases, ubicados entre los límites del cauce mayor y del valle inundable (terrenos llanos o semi-llanos normalmente secos y susceptibles a inundaciones por aguas provenientes de una fuente natural), pero excluye los terrenos correspondientes al cauce mayor. Los residentes cercanos a cuerpos de agua tienen una constante preocupación e incertidumbre por los estragos que las lluvias constantes causan en diversos tramos.

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo, a través de su historia, ha sufrido las consecuencias de las inundaciones. A escala mundial, no existe otro tipo de desastre que se compare a la inundación por su alta frecuencia y por ser la causa principal del número más alto en pérdida de vidas y de propiedad. La combinación de eventos atmosféricos, como son los huracanes y las lluvias fuertes, con la ubicación de propiedades (residenciales y comerciales) en áreas vulnerables a inundación o en áreas de pobres drenajes, aumenta la incidencia de estos fenómenos en el Municipio.

El paso de los fenómenos atmosféricos produce, generalmente, lluvias fuertes y prolongadas que ocasionan excesiva saturación del terreno y a su vez producen derrumbes en las laderas. Estos derrumbes pueden producir consecuencias serias y amenazantes a la vida humana, como lo fue el evento de lluvias. El Municipio Autónomo de Cabo Rojo ha sufrido de deslizamientos de forma moderada en algunas áreas.

Es una tarea difícil poder indicar con precisión cuando ocurrirán las inundaciones aún con la alta tecnología que existe para determinar el potencial de inundaciones sobre ciertas áreas. Esta situación se torna más difícil si consideramos las inundaciones clasificadas como repentinas, donde al llover fuertemente en un corto período de tiempo, los niveles de los ríos suben considerablemente y esta cantidad masiva de agua se desborda y desliza hacia lugares bajos, arrasando lo que encuentra en su camino. En los cuerpos de agua existentes en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo debido a la caída de 2 a 5 pulgadas de lluvias han ocurrido inundaciones repentinas.

Sin embargo, muchas de estas situaciones provocadas por los desastres pueden evitarse. Estas pérdidas son un obstáculo al desarrollo económico y social del Municipio Autónomo de Cabo Rojo. La incertidumbre y la desolación que nos provocan las inundaciones pueden ser aminoradas, si se toman medidas preventivas y correctivas que protejan la vida y la propiedad. El agua es un elemento de nuestra Naturaleza, pero si no existiesen construcciones realizadas con materiales y técnicas inadecuadas en localizaciones inapropiadas, como cerca de ríos y quebradas, el fenómeno natural de las inundaciones no se convertiría en un desastre. Las personas tienen que estar conscientes de los riesgos y deben construir en áreas seguras.

El problema que enfrentan los municipios cuando buscan evitar las inundaciones es el requisito de un permiso de extracción de material de la corteza terrestre que emite la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) al evaluar las propuestas municipales de limpieza de cauces. En el pasado el DRNA expedía un

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

permiso de extracción de material de la corteza que abarcaba a todos los cuerpos de agua del territorio, mientras que ahora, la OGPe sólo otorga un permiso por cada cuerpo de agua y el mismo incluye requisitos de certificaciones y estudios que lo hacen complicado de cumplimentar con rapidez.

El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, DRNA, tiene la responsabilidad ministerial de poner en vigor programas para el manejo, uso, protección y conservación de los recursos naturales de Puerto Rico. Conforme a esto, se aprobó la Ley Núm. 136 de 13 de junio de 1976, según enmendada, conocida como Ley de Aguas de Puerto Rico, que le otorga al Secretario facultades en cuanto a la planificación, reglamentación, aprovechamiento, conservación y desarrollo de las aguas del país.

El Gobierno Estatal, en conjunto con el Municipio Autónomo de Cabo Rojo, debe ser firme al no otorgar permisos en áreas de riesgos. Se debe evitar el desarrollo futuro en áreas susceptibles a inundaciones y a derrumbes en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo para no repetir las consecuencias funestas y las lecciones que deben haber sido aprendidas.

Datos Históricos de las Inundaciones en Cabo Rojo

En el Plan anterior el grupo de trabajo recopiló información de múltiples fuentes para el desarrollo histórico de los eventos. En esta revisión del Plan se revisó información de diferentes lugares tales como:

- Periódicos en la colección Puertorriqueña de la UPR (El Mundo)
- Entrevistas a residentes de las zonas afectadas
- Mapas de inundaciones de FEMA (FIRM)
- Planes existentes
- Plan de Mitigación anterior
- Servicio Nacional de Meteorología

En esta revisión se incluyó estudios recientes, el Atlas 14 del Servicio Nacional de Meteorología que reemplazo el Technical Paper 42 y datos del Censo del 2010. En el Apéndice 2, está incluidos los mapas de FEMA que muestran las zonas inundables de Cabo Rojo y otros mapas con la localización de las facilidades críticas con respecto a dichas zonas. Los diferentes eventos atmosféricos tanto tormentas como huracanes y las Declaraciones de Desastre han traído como resultado problemas de inundaciones en el Municipio.

Puerto Rico, debido a su localización geográfica, está expuesto a ser azotado por Huracanes y otros disturbios atmosféricos que ponen en peligro la vida de la ciudadanía en general y pueden ocasionar pérdidas cuantiosas en la propiedad privada o gubernamental. Durante un periodo de tiempo que comienza en el mes de junio y culmina a final de diciembre la Isla está sujeta a este tipo de disturbio natural. La mayor parte de las tormentas y huracanes en Puerto Rico han ocurrido durante los meses de agosto y septiembre, constituyendo el 78% de los mismos.

Uno de los efectos más significativos asociados al paso de un huracán son las lluvias intensas que suceden luego del azote de un huracán por varias horas y pueden persistir por varias horas, luego de su paso. Durante el paso de un huracán, se pueden acumular de 6-12 pulgadas de lluvia y en ocasiones, mucho más. Las inundaciones pueden ser de aguas calmadas, como cuando se acumula el agua en un lugar específico, o pueden ser de aguas veloces, como las que suceden en ríos, quebradas y otros

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

cuerpos de agua, presentando un alto riesgo para la vida y la propiedad de los residentes en las áreas afectadas.

Sedimentación, erosión y escombros

Las causas principales de la sedimentación son: la tala de árboles, la preparación de terreno para desarrollar proyectos urbanos, construcciones, la falta de implantación de reglamentos para controlar la erosión, sedimentación y transporte; prácticas ineficientes para seleccionar áreas y deficiencia en el diseño de los proyectos para mantener en su estado natural las cuencas de los cuerpos de agua.

Históricamente, las aguas de escorrentía vienen acompañadas por árboles, motores de vehículos abandonados, todo tipo de escombros como la basura y animales muertos. Por otro lado, muchos de los motores de vehículos han sido depositados ilegalmente en las quebradas, arroyos y ríos donde las agencias pertinentes no los han podido remover antes del evento.

Método de Alerta

El USGS mantiene y opera una red de alerta de tiempo real a través de todo Puerto Rico en cooperación con varias agencias estatales. Este es el único sistema o red de alerta de riesgo en el Caribe. La red provee información sobre lluvias, flujo de corriente y niveles del agua en los lagos que sirven como reservas de agua en todo Puerto Rico. Esta información es utilizada a diario para monitorear los efectos hidrológicos importantes en los suministros de agua de Puerto Rico. Las agencias a cargo de la seguridad pública durante tormentas e inundaciones han comprobado que el sistema es sumamente útil en especial en eventos de lluvia ya que permite al Servicio Nacional de Meteorología en comparar la lluvia observada en el Radar Doppler con el comportamiento de los ríos en diferentes cuencas y emitir avisos o vigilancias para la protección de vidas y propiedades.

Este sistema de red de alerta consiste en levantar información hidrológica para medir el flujo de corriente, lluvias, niveles de agua en los lagos y estaciones meteorológicas. La información levantada es transferida a una facilidad del "USGS" cada cuatro (4) horas bajo condiciones normales. Durante inundaciones o lluvias copiosas, el sistema cambia a un estado de emergencia transmitiendo información cada cinco minutos. Esta información es transmitida desde unas áreas de campo de control a un satélite y luego enviada a una computadora del "USGS". La información es interpretada inmediatamente por la computadora. Rápidamente, la información se hace disponible para cooperar con las agencias que están enlazadas a la computadora del "USGS" en menos de cinco minutos después de transmitida desde el campo.

En el caso del Huracán Hortense los residentes de Puerto Rico fueron alertados por el "National Hurricane Center for Tropical Storm Warning" cincuenta y cinco (55) horas con anterioridad a los efectos de este evento de Categoría 1 en la escala Saffir-Simpson. Sin embargo, las inundaciones repentinas ocasionadas por el huracán tuvieron su efecto máximo a solo cuatro (4) minutos después de la alerta de inundaciones repentinas.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Las inundaciones presentan muchas situaciones que afectan a las personas y a las propiedades entre las que se encuentran:

- Peligros para la seguridad de personas
- Problemas para la salud tanto emocionales como físicos
- Dañan edificaciones y la infraestructura
- Destruyen el contenido de las edificaciones

Las aguas en movimiento causan más problemas que aguas en reposo. Cualquier cosa que este fuera de una edificación y que no se encuentre bien anclado al suelo puede ser fácilmente arrasado por las aguas de inundación, por ejemplo, juguetes, tanques de gasolina, estructuras, piedras, herramientas, vehículos, etc. Las aguas de las inundaciones, toman aún más fuerza cuando arrastran escombros. Estos escombros pueden golpear tanto a las personas como a las edificaciones causando así mayores daños y pérdidas de vida y propiedad. Muchos de los cuerpos rescatados de las personas que son arrastradas por los ríos presentan múltiples golpes y la causa no es por ahogamiento. Las aguas de inundaciones pueden también conducir energía eléctrica y esconder desperdicios.

El mayor número de personas muertas durante una inundación está representado por aquellos que intentan manejar su vehículo en calles inundadas. Los vehículos pueden flotar en tan solo nueve pulgadas de agua, estar en un auto durante una inundación no es el lugar más adecuado.

Las inundaciones también provocan una serie de peligros a la salud. Las aguas de las inundaciones no son limpias, contienen lodo, sedimentos, aceites de carreteras y aguas negras de alcantarillas. La comida, los cosméticos, medicinas, juguetes y artículos similares que han estado en contacto con esta agua quedan contaminados y deben ser eliminados. La ropa y los utensilios de cocina deben ser bien lavados con agua potable y jabón para desinfectarlos. Moho y bacterias crecen y se reproducen en áreas húmedas y son muy difíciles de remover por completo. Si el sistema de agua potable se llega a contaminar, el Departamento de Salud recomienda hervir toda el agua que vaya a ser usada para beber y para limpieza del hogar.

Las inundaciones y desbordamientos también tienen incidencia en la salud mental de las personas en ambos casos, durante los peligros que se corren durante el evento y debido a las preocupaciones de pensar en las consecuencias. El estrés causado por las inundaciones es agravado por la fatiga durante las labores de limpieza y la ansiedad sobre la pérdida del ingreso, de bienes materiales y los riesgos a la salud. Los niños y los ancianos son especialmente vulnerables a impactos negativos.

El impacto del agua en las estructuras y la infraestructura es muy costoso, no solamente dañan los edificios si no que pueden destruir la infraestructura existente (líneas de energía eléctrica, tuberías, carreteras, etc.). En las propiedades residenciales los sistemas eléctricos se ven afectados al igual que aquellos elementos de madera y otros materiales perecederos. Como se discutió anteriormente, las aguas en movimiento pueden transportar escombros que arrastra en su camino. Estos escombros son capaces de destruir estructuras como edificios o puentes; a su paso arrasan con la vegetación y erosionan los bancos de los ríos.

El contenido de las estructuras es severamente dañado por el agua. Los muebles de madera quedan torcidos y los cojines quedan inútiles. Otros elementos que se ven fuertemente afectados son la tapicería,

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

los colchones y los libros los cuales no vale la pena intentar secarlos y restaurarlos. El moho se esparce rápidamente por el resto de los escombros. Todos los enseres eléctricos que se mojaron así como motores eléctricos no volverán a trabajar propiamente a no ser que sean revisados y reparados por un profesional de la materia quienes conocen las técnicas apropiadas para secarlos y limpiarlos correctamente

Áreas Susceptibles a Inundaciones

Las zonas inundables están clasificadas de acuerdo a la posibilidad que haya evento en un periodo de 100 años o en un periodo de 500 años. FEMA ha preparado unos mapas que identifican las zonas susceptibles a inundación según las categorías que se describen a continuación:

Tabla 4.6: Definición de Zonas Inundables

Zona Inundable	Descripción
<p style="text-align: center;">ZONA A (Cauce Mayor)</p>	<p>A- La planicie de inundación base, cartografiada por métodos aproximados, es decir, los niveles de inundaciones base (BFE) no están determinados. A esto se le llama a menudo una Zona A no numerada o una Zona A aproximada.</p> <p>A1-30- A éstas se les conoce como Zonas A numeradas (por ejemplo: A-7 ó A-14). Ésta es la planicie base donde en los Mapas de Tasas de Seguro de Inundaciones (FIRM) muestra un BFE (formato antiguo).</p> <p>AE- La planicie de inundación base donde se proveen las elevaciones de inundación base. Las Zonas AE se ilustran ahora en el nuevo formato de FIRM, en lugar de las Zonas A1 – A 30.</p> <p>AO- La planicie de inundación base con un flujo liso, una acumulación o inundación llana. Se proveen las profundidades de inundación base (pies sobre tierra).</p> <p>AH La planicie de inundación base de inundación llana. Se proveen los BFE.</p> <p>A99- Área que se protegerá de la inundación base por medio de diques o sistemas federales de protección contra inundación en construcción. Los BFE no están determinados.</p> <p>AR La planicie de inundación base que resulta de la desertificación de un sistema contra inundación</p>

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Zona Inundable	Descripción
	previamente acreditado que esté en proceso de ser restaurado para proveer una protección contra inundación de un nivel de 100 años o más.
Zona V y VE	V El área costera sujeta a peligro de velocidad (acción del oleaje) en el que no se determinan los BFE en el FIRM. VE El área costera sujeta a peligro de velocidad (acción del oleaje) en el que se determinan los BFE en el FIRM.
Zona B	Un área de peligro de inundación moderado, usualmente el área entre los límites de inundaciones de 100 y 500 años. Las Zonas B son utilizadas, además, para designar las planicies de inundación base de menor peligro, como áreas protegidas por diques de la inundación de 100 años, o áreas de inundación de poca profundidad con profundidades promedio de menos de un pie o áreas de drenaje de menos de una milla cuadrada.
Zona C y Zona X (sin sombrear)	Un área de peligro de inundación mínimo, usualmente ilustrada en los FIRM como que excede el nivel de inundación de 500 años. La Zona C puede tener alguna acumulación y problemas de drenaje que no requieren un estudio detallado o una designación como planicie base. La Zona X es el área que se ha determinado como que está fuera del nivel de inundación de 500 años y protegida por un dique del nivel de inundación de 100 años.
Zona D	Área de peligro de inundación no determinado, pero posible.

En Cabo Rojo los terrenos susceptibles a inundaciones se clasifican por los siguientes:

- **Zona A:**

Terrenos susceptibles a inundación por concepto de desbordamiento quebradas demarcadas en 100 años, según los mapas preparados por FEMA.

- **Zonas AE:**

Terrenos susceptibles a inundación demarcados fuera del cauce mayor y de los mapas de la Junta de Planificación y de FEMA (áreas extendidas).

- **Zonas V:**

Terrenos costeros expuestos y susceptibles a inundaciones por marejadas ciclónicas, dentro del ámbito de estas zonas, existen comunidades como por ejemplo Boquerón y Combate.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Los mapas de FEMA han establecido que existen muchas familias que viven en zonas inundables en el Municipio y muchas viven en zonas de máximo riesgo a inundaciones. Este es el caso de varios sectores ubicados en los barrios: Boquerón, Llanos Costas, Pueblo, Bajura y Monte Grande.

La magnitud de un evento de inundación en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo, al igual que en otros lugares, se define basándose en la descarga máxima de los ríos que atraviesan la jurisdicción, la pérdida de vida o los daños a la propiedad. La descarga de un río se refiere al volumen de agua que pasa por un punto en determinado periodo de tiempo. La cantidad de pies cúbicos por segundo es la razón de descarga que representa el volumen de un pie cúbico, que pasa por un punto, por un segundo. Esto equivalente a 7.48 galones por segundo o 448.8 galones por minuto.

El Río Guanajibo es uno de los causantes de eventos de inundaciones en el Municipio, al igual que en Hormigueros, San Germán y Mayagüez. La Asamblea Legislativa ordenó al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, a establecer un plan de trabajo para la limpieza y mantenimiento del Río Guanajibo, así como a realizar las gestiones necesarias y pertinentes para llevar a cabo el diseño y ejecución de obras de control de inundaciones que pueden incluir diques, lagunas de retención, canales, y otros mecanismos estructurales en el mencionado cuerpo de agua en los tramos correspondientes. También, se incluyó la puesta en vigor de medidas no estructurales para evitar daños por inundaciones, como por ejemplo, el cese de permisos de construcción de residencias en áreas inundables; y políticas firmes en cuanto al uso del suelo, entre otras.

El problema que enfrentan los municipios es el requerimiento de un permiso de extracción de material de la corteza terrestre que impone la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) al evaluar las propuestas municipales de limpieza de cauces. En el pasado el DRNA expedía un permiso de extracción de material de la corteza que abarcaba a todos los cuerpos de agua del territorio, mientras que ahora, la OGPe sólo otorga un permiso por cada cuerpo de agua, y el mismo incluye requerimientos de certificaciones y estudios que lo hacen oneroso y difícil de cumplimentar.

El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, DRNA, tiene la responsabilidad ministerial de poner en vigor programas para el manejo, uso, protección y conservación de los recursos naturales de Puerto Rico. Conforme a esto, se aprobó la Ley Núm. 136 de 13 de junio de 1976, según enmendada, conocida como Ley de Aguas de Puerto Rico, que le otorga al Secretario facultades en cuanto a la planificación, reglamentación, aprovechamiento, conservación y desarrollo de las aguas del país.

La Oficina Regional de Mayagüez del DRNA ha estado encargada de dar limpieza y mantenimiento al Río Guanajibo. El DRNA construyó un muro de gaviones en el pueblo de San Germán para proteger contra la erosión a las Urbanizaciones Porta Coeli y Riverside. Este muro ha sido asperjado durante los últimos tres años para controlar las malezas que crecen en él. En la carretera PR 347, sector El Coto del mismo municipio, el área del río tiene un muro de gaviones de cerca de 413 metros de longitud, para proteger a los residentes de este sector. Este muro ha sido reconstruido en dos ocasiones por los embates de las escorrentías violentas asociadas a disturbios tropicales. La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés), asignó fondos para reparar segmentos de este muro como consecuencia de las lluvias de septiembre de 2008.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

En el 2004, el Cuerpo de Ingenieros como diseñadores, y el DRNA como patrocinadores, llevarían a cabo la construcción de la canalización del río desde San Germán, Hormigueros y Mayagüez. Debido a la carencia de fondos para la construcción, no se pudo completar la misma. El Cuerpo de Ingenieros otorgó al DRNA un permiso general para ser utilizado en proyectos de mantenimiento en el río. En la actualidad se ha levantado toda la información de campo para documentar los proyectos e informar a todas las agencias estatales y federales.

Inundaciones Costeras

Las inundaciones costeras son producidas por los vientos que generan sistemas intensos de baja presión atmosférica sobre las aguas y pueden traer el agua del mar hacia tierra, en forma de marejadas, causando inundaciones serias y resaca en las costas con marejadas causadas en forma de inundaciones sobre las carreteras aledañas, éstas ocurren entre los meses de noviembre y febrero, respecto a los cuales se producen bajas presiones. Las mismas generalmente ocurren al norte de Puerto Rico, causando generación de marejadas altas y peligrosas desde el Pasaje de la Mona hasta el pasaje de la Anegada. En el caso de Cabo Rojo pueden producirse por el paso de un sistema atmosférico a través o cerca de Puerto Rico y que debido a su movimiento genere marejadas y provoque inundaciones costeras. Los mapas de FEMA que son incluidos en el Apéndice 2, nos muestran las zonas inundables del Municipio en caso de eventos de 100 y 500 años.

Inundaciones Prolongadas

Una vez la lluvia ha provocado el desbordamiento de los ríos que atraviesan la jurisdicción del Municipio Autónomo de Cabo Rojo, los mismos pueden quedar fuera de sus cauces por varias horas y hasta días. En este caso no se habla de inundaciones repentinas, sino de inundaciones riverinas. Si el evento de lluvia se mantiene por varias horas y la intensidad de la misma disminuye, pero sigue constante, se hará muy difícil a la corriente del río o quebrada retornar a su nivel normal por lo que se conocen como prolongadas.

Inundaciones Urbanas

En las zonas urbanas del Municipio Autónomo de Cabo Rojo, la falta de mantenimiento adecuado de los sistemas de drenaje y los escombros que flotan y son arrastrados por las lluvias, evita que el agua fluya por los drenajes existentes, en las calles y carreteras de las zonas urbanas dentro del Municipio. El agua puede entonces acumularse y provocar inundaciones serias que ponen en peligro la propiedad residencial y comercial, así como, a su contenido. Además, la tierra pierde la capacidad de absorber la lluvia a consecuencia de los desarrollos urbanos, tales como: carreteras, urbanizaciones estacionamiento, entre otros.

La Oficina para el Manejo de Emergencia Municipal estima que existen muchas familias que viven en zonas inundables en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo y muchas viven en zonas de máximo riesgo a las inundaciones.

El Río Guanajibo afecta la zona norte del Municipio por sus asociadas crecidas, específicamente carretera PR-103 y parte de la carretera PR-100. Estas vías se inundan con bastante frecuencia y en eventos de lluvias torrenciales, tormentas tropicales o huracanes reciben daños e incomunican las vías de rodaje.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Afecta directamente los barrios Guanajibo, Bajura y parte del Pueblo. Este río afecta también áreas reservadas para la agricultura dentro del Municipio Autónomo de Cabo Rojo. En el Capítulo 2, se incluyó la figura 2.3 que muestra la cuenca del Río Guanajibo.

La Laguna Cartagena aunque ubicada en el Municipio de Lajas, desemboca en Cabo Rojo, por el barrio Boquerón. Esto afecta la carretera #301 en la parte del valle lo que ocasiona que las comunidades de Boquerón, El Combate y Pole Ojea queden totalmente incomunicadas sin los servicios básicos de emergencias.

En el huracán Georges, 1998, fue uno de los eventos que más pulgadas de agua dejó donde todo el Municipio experimentó la mayor parte de los riesgos que lo afectan (inundaciones, huracanes y vientos fuertes). En este evento la cuenca del Río Guanajibo, la Cuenca de la Laguna de Joyuda, La Cuenca de la Bahía de Puerto Real, La Cuenca asociado a la Laguna Cartagena, Valle de Lajas y canales de Riesgo y la Cuenca de El Combate; se salieron de sus cauces y entraron en las residencias, ocasionando colapsos parciales o totales de éstas, forzando a muchos a refugiarse en los techos. La fuerza de las corrientes era tal que impedía el rescate de personas, y no fue hasta que las aguas bajaron su nivel que las autoridades locales pudieron ofrecer ayuda en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo.

En el huracán Georges las comunidades como Corozo y Combate estuvieron semanas incomunicadas teniendo que utilizarse camiones para poder salir al pueblo y solicitar servicios básicos para su recuperación. Inclusive personal del Municipio también alquiló camiones para hacerles llegar a esas comunidades las ayudas básicas y artículos de primera necesidad. La devastación que ocasionó el Huracán Georges en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo fue inmensa, colocándose este evento como el evento que más ha afectado al Municipio **en el Siglo XX que haya sido documentado.**

Sin embargo, muchas de estas situaciones provocadas por los desastres pueden evitarse. Estas pérdidas son un obstáculo al desarrollo económico y social del Municipio Autónomo de Cabo Rojo. El terror y la desolación que nos provocan las inundaciones y derrumbes pueden ser aminorados, si se toman medidas preventivas y correctivas que protejan la vida y la propiedad. El agua es un elemento de nuestra Naturaleza, pero si no existen construcciones realizadas con materiales y técnicas inadecuadas en localizaciones inapropiadas, como cerca de ríos, quebradas y costas, el fenómeno natural de las inundaciones no se convertiría en un desastre. Las personas tienen que estar conscientes de los riesgos y deben construir en áreas seguras.

Las comunidades del Municipio deben estar conscientes de los riesgos y tener comunidades más seguras. **En el Capítulo 5, se incluirán actividades de mitigación para que las comunidades sean informadas sobre los diferentes riesgos a los que está expuesto y oportunidades para que puedan identificar medidas tanto en sus residencias como en sus lugares de trabajo para minimizar la pérdida de vida y propiedad.** El estado es quién debe ser firme al no otorgar permisos en áreas de riesgos **y el Municipio se asegurará en evitar construcciones en lugares de alto riesgo identificados en este Plan.** Se debe evitar el desarrollo futuro en áreas susceptibles a inundaciones y a derrumbes en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo para no repetir las consecuencias funestas y las lecciones que deben haber sido aprendidas. La Naturaleza es incontrolable, pero las actividades del hombre tienen control y remedio. El reducir los daños, a consecuencia de las inundaciones y derrumbes, tiene que comenzar con acciones efectivas del Gobierno Municipal y Estatal dirigidos a crear conciencia de la existencia de esos riesgos y a aplicar la

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

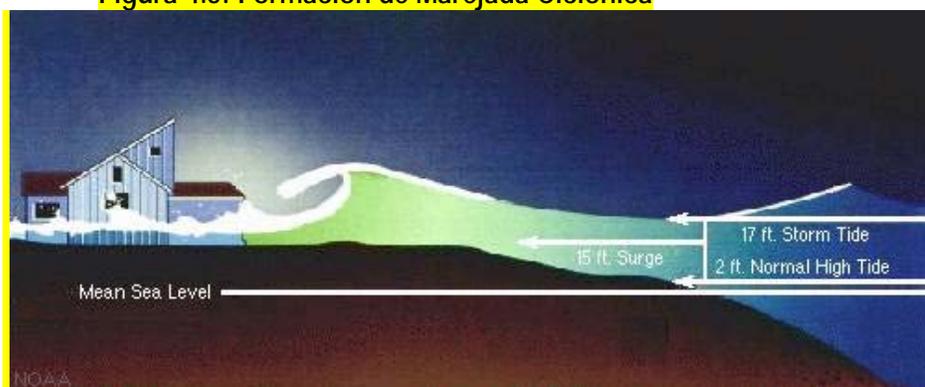
reglamentación vigente relativa a la ubicación y construcción en áreas sujetas a inundación en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo.

Inundación por Marejada Ciclónica

La marejada ciclónica es el aumento en el nivel del mar generado por un huracán. Es el resultado del efecto del viento sobre las olas, que ocasiona el levantamiento de la superficie del mar en forma de una cúpula de agua (marea ciclónica); del efecto de la topografía fuera de la costa en la altura de la ola y del oleaje sobrepuesto a ésta. La marejada ciclónica ocasiona una fuerte erosión en las costas y una gran destrucción sobre las estructuras ubicadas en la costa. Mientras mayor sea la intensidad del huracán, y menos profunda sea la costa, mayor será la marejada ciclónica.

La combinación de la marea ciclónica, el fuerte oleaje y los fuertes vientos puede ser mortal. El nivel de la marejada ciclónica en un área en particular es determinado por la pendiente del fondo marino. Una pendiente llana en la costa permitirá que una marejada mayor inunde la costa y por el contrario en áreas de fondo marino más empinado, se experimentará una inundación costera menor.

Figura 4.5: Formación de Marejada Ciclónica



PROGRAMA NACIONAL DE SEGURO CONTRA INUNDACIÓN

(National Flood Insurance Program, NFIP por sus siglas en inglés)

Las inundaciones han causado daños y destrucción a través de nuestra historia. Para ayudar a aliviar la devastación financiera causada por las inundaciones el Congreso de los Estados Unidos en 1968 creó el Programa Nacional de Seguro contra Inundación (National Flood Insurance Program, NFIP por sus siglas en inglés). El NFIP es administrado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés), permite a los dueños e inquilinos de viviendas y propietarios de negocios adquirir un seguro contra inundaciones con el apoyo del gobierno federal. El NFIP tiene el propósito de mitigar los daños por inundaciones al ayudar a las comunidades a adoptar e implementar normas para el manejo de las tierras en zonas inundables de alto riesgo, regular las nuevas construcciones en áreas con alto riesgo de inundación y para reducir pérdidas futuras por inundaciones. Los gastos operativos del NFIP y los reclamos por seguros contra inundaciones no se pagan con dinero de los contribuyentes, sino mediante las primas obtenidas por las pólizas de seguros contra inundación.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

En la actualidad todos los Estados Unidos y sus territorios existen más de 4.6 millones de pólizas de seguro contra inundación vigentes y más de 20,600 comunidades participantes representando cerca de \$773 billones en cobertura. Las comunidades participantes acuerdan adoptar e implementar normas para el manejo de las tierras en zonas inundables de alto riesgo para reducir futuros daños por inundaciones y a cambio, cualquier propietario de una comunidad participante puede adquirir un seguro contra inundación. El objetivo del NFIP es brindar protección contra inundaciones a todos los dueños e inquilinos de vivienda y propietarios de negocios, a un costo razonable, en todo el país. El seguro por inundación cubre la pérdida física directa causada por "inundación". El NFIP define una inundación es un exceso de agua en la tierra que normalmente está seca.

La definición oficial utilizada por el Programa Nacional de Seguro contra inundación es una condición general y temporera de inundación parcial o completa de dos o más acres de tierra, normalmente seca o dos o más propiedades que surge por:

- El desborde de aguas internas o marítimas;
- La acumulación o el derrame inusual o rápido de aguas superficiales de cualquier fuente;
- Un alud de lodo (fangos);
- El colapso o hundimiento de tierra a lo largo de la costa de un lago o un cuerpo similar de agua como resultado de la erosión o socavamiento causado por olas o corrientes de agua que exceden los niveles cíclicos anticipados que resultan en una inundación en los términos antes definidos.

El NFIP define el alud de lodo como: río de líquido y barro que fluye en las superficies de áreas de tierra que normalmente es seca, como cuando la tierra es llevada por una corriente de agua.

Pérdidas Repetitivas

Una propiedad se define como "propiedad con pérdida repetitiva severa" cuando reúne una de estas condiciones:

- Cuatro o más pagos separados por reclamaciones de inundaciones fueron realizados y cada uno de los pagos excede \$5,000,
- Como mínimo dos pagos por reclamaciones de inundaciones fueron realizados y los pagos acumulados exceden el valor de la propiedad.

Los dueños de bienes con "propiedades con pérdida repetitiva severa" pueden ser elegibles para el otorgamiento de un subsidio de mitigación de FEMA para mejoras en la propiedad que reducen la posibilidad de daños futuros por inundaciones. Los dueños de propiedades que rechacen el subsidio podrían ser obligados a pagar primas de seguro contra inundaciones más elevadas. En las tablas 4.7 a la 4.9 se incluyen la información provista por FEMA asociada a los daños ocurridos por eventos que terminaron en Declaraciones Presidenciales de Desastre que incluye los fondos provistos por FEMA.

Mapas de Áreas Especiales de Riesgo a Inundación

Los Mapas de Áreas Especiales de Riesgo a Inundación son los mapas oficiales preparados por FEMA y adoptados por la Junta de Planificación de Puerto Rico que están incluidos en el Apéndice 2, para designar las áreas con riesgo a inundación con recurrencia de 100 años. Los mismos sirven de

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

instrumentos administrativos para el manejo de áreas especiales de riesgo a inundación, basados en estudios técnicos-científicos del seguro de inundación conocidos como "FIS" por sus siglas en inglés.

Los Mapas de Áreas Especiales de Riesgo a Inundación o "FIRM", se usan para determinar el riesgo de inundación. Las zonas de riesgo bajo a moderado están representadas por la letra "X" o una "X" sombreada. Las zonas interiores de alto riesgo se identifican con designaciones como "A", "AE", "AO" o "AH" y las zonas costeras de alto riesgo que tienen riesgo adicional de marejada se identifican con "V" o "VE" y ya fueron definidas en la Tabla 4.6.

Participación del Municipio Autónomo de Cabo Rojo en el NFIP

En el Municipio Autónomo de Cabo Rojo forma parte de la Comunidad NFIP de Puerto Rico el cual comenzó el 1 de agosto de 1978. El total de pólizas de inundaciones del Municipio Autónomo de Cabo Rojo al 28 de febrero del 2014, ascienden a 257 (FEMA, 2014), de estas treinta y tres (33) son pérdidas repetitivas dos (2) son pérdidas repetitivas severas ubicadas en la Urbanización La Concepción. El Municipio de Cabo Rojo no tiene seguros contra inundaciones que estén siendo actualmente subvencionados por el Gobierno de Puerto Rico. Solo existen aquellas estructuras con seguros pagados por los mismos residentes del Municipio.

La cantidad total de pagos por daños a residencias con pérdidas repetitivas ha sido de \$48,161.45 y de residencias con pérdidas repetitivas severas es de \$831,606.00. De igual forma se han identificado específicamente aquellas residencias que han sido recipientes de esta ayuda.

Debido al Acta Federal de Privacidad no se está incluyendo información específica de las residencias ni direcciones, podemos mencionar que en la Urbanización La Concepción hay 10 en la calle Elena, 2 en la Calle Alida y 4 en la calle Rosario y en el Bo. Bajura hay 3 propiedades.

ASISTENCIA OTORGADA POR FEMA

En los últimos 25 años (1989 a 2014) Cabo Rojo ha sido declarado por el Presidente de los Estados Unidos como zona de desastre en varias ocasiones. Datos suministrados por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias en torno a la asistencia otorgada en el municipio en años recientes (los cuales fueron causados por el paso de huracanes y eventos de lluvia intensa) se han resumido en la revisión del Plan e incluyen los daños específicos a los individuos reportados en el municipio como consecuencia de huracanes y tormentas tropicales a través del Programa de Asistencia Individual se incluyen, a continuación, en las tablas 4.7 a la 4.9:

Tabla 4.7 Fondos otorgados por el Programa de Asistencia Individual

Año	Nombre del Desastre	Número	Solicitudes	Fondos aprobados para ONA	Fondos aprobados para HA
1996	Huracán Hortense	FEMA-1136-DR-PR	100	\$40,244.00	\$32,839.59
1998	Huracán Georges	FEMA-1247-DR-PR	5,652	\$6,459,052.00	\$7,901,317.46

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Año	Nombre del Desastre	Número	Solicitudes	Fondos aprobados para ONA	Fondos aprobados para HA
2001	Inundaciones de Mayo	FEMA-1372-DR-PR	415	\$327,813.00	\$139,700.71
2003	Inundaciones de Noviembre	FEMA-1571-DR-PR	603	\$338,510.85	\$161,492.82
2008	Inundaciones y Deslizamientos	FEMA-1798-DR-PR	401	\$488,098.00	\$397,704.60
Total			7,171	\$7,653,717.85	\$8,633,055.18

El Programa de Asistencia Individual (IA) ofrece ayuda a los individuos que hayan sido afectados por el evento que haya ocasionado la declaración de desastre para reconstruir residencias, desempleo y otras necesidades que surjan. Alguna asistencia federal se provee a través de la Administración de Pequeños Negocios (SBA, por sus siglas en inglés) (SBA).

Daños específicos a la infraestructura reportados en el Municipio como consecuencia de huracanes y tormentas tropicales:

Tabla 4.8: Fondos otorgados por el Programa de Asistencia Pública

Año	Nombre del Desastre	Número	Proyectos	Fondos Aprobados
1998	Huracán Georges	FEMA-1247-DR-PR	45	\$691,229.00
2001	Inundaciones de Mayo	FEMA-1372-DR-PR	8	\$118,757.41
2004	Tormenta Tropical Jeanne	FEMA-1552-DR-PR	1	\$14,383.77
2008	Inundaciones y Deslizamientos	FEMA-1798-DR-PR	48	\$1,418,944.93
Total			102	\$2,243,315.11

El Programa de Asistencia Pública (PA) provee ayuda a las agencias estatales, municipios y algunas entidades sin fines de lucro de hasta un 75% de los costos elegibles según los requisitos del Programa para reparar y/o reconstruir en las condiciones pre-desastres las facilidades o estructuras que hayan sido afectadas, al igual que el pago por la disposición de escombros y el reembolso de algunos gastos como resultado de una emergencia.

El Programa de Asistencia para la Mitigación de Riesgos provee fondos para realizar medidas de mitigación estructural y no estructural hasta un 75 % de aportación federal con un 25 % de pareo requerido el cuál puede ser en efectivo o in-kind.

Tabla 4.9: Fondos otorgados por el Programa de Asistencia para la Mitigación de Riesgos

Año	Nombre del Desastre	Número	Fondos Aprobados
2004	PDM-C	PDM-C 2011	\$30,000.00
Total			\$30,000.00

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

El total de fondos provistos por FEMA al Municipio desde el 1998 al 2008 asciende a \$18,560,088.14.

TERREMOTOS

La localización tectónica y la sismicidad regional del Caribe exponen a la Isla de Puerto Rico y especialmente al Municipio Autónomo de Cabo Rojo a un alto peligro de terremotos. Las fallas en el Cañón de la Mona y el Pasaje de la Mona representan el mayor peligro para el Municipio. La capa exterior de la tierra se encuentra en constante movimiento de forma gradual y casi imperceptible. La capa sólida exterior de la Tierra presenta muchas quebraduras repartiéndose en una docena de placas de diversos tamaños. Cada una se mueve independientemente chocando, separándose o rozándose a lo largo de sus márgenes. La mayoría de los sismos ocurren en los contactos entre éstas grandes placas rígidas que cubren la superficie terrestre. A éstas se les conoce como las placas tectónicas. Las placas tectónicas tienen 100 km de espesor. Estas placas flotan sobre una capa semilíquida de nuestro planeta Tierra, que se le conoce como el Manto. Los terremotos ocurren en la corteza terrestre o en el manto superior (desde la superficie a 800 km de profundidad).

Durante un terremoto el suelo no se abre, ni se traga a la gente, los animales o los edificios, se produce una sacudida de la tierra que puede provocar muchos daños y hasta la muerte. Un terremoto es una sacudida repentina y violenta que se origina en la corteza o manto superior de la tierra. Existen dos tipos de terremotos: tectónicos y volcánicos. Los terremotos tectónicos son los producidos por el movimiento de las placas mientras que los volcánicos son los producidos por la erupción de un volcán. Un terremoto pequeño puede durar unos pocos segundos, pero uno grande como el de 1918 en Puerto Rico puede durar hasta dos minutos. Luego de un terremoto pueden ocurrir réplicas que otros terremotos casi tan fuertes como el inicial. El foco de un terremoto es el lugar donde se origina el movimiento y la liberación de energía al desplazarse las rocas a lo largo de una falla. El epicentro de un terremoto es el punto en la superficie de la tierra que se encuentra sobre el foco.

Tamaño de los Terremotos

El tamaño de un terremoto se mide principalmente por su intensidad y magnitud. La intensidad se mide en la escala Mercalli y la magnitud se mide en la escala Richter. La intensidad de un terremoto es el aparente grado de sacudida que se siente en diferentes lugares, por lo que es una medida subjetiva. Mientras nos alejamos del terremoto la intensidad es menor por la atenuación de la onda sísmica.

Tabla 4.10: Comparación de Escala Mercalli Modificada versus Richter

Escala de Intensidad Rossi-Forel	Escala de Intensidad Mercalli Modificada	Magnitud (Escala Richter)	Aceleración Máxima del Terreno(G's)
I	I No sentido.	< 2.3	< 0.002
II	II. Sentido solamente por algunas personas en posición de descanso, especialmente en pisos altos. Objetos suspendidos oscilan un poco.	2.3 - 2.9	0.002 - 0.003
III	III Sentido en el interior. Muchas personas no lo reconocen como un temblor. Automóviles parados se balancean. Vibraciones como el paso de un camión pequeño. Duración apreciable.	3.0 - 4.1	0.004 - 0.007

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Escala de Intensidad Rossi-Forel	Escala de Intensidad Mercalli Modificada	Magnitud (Escala Richter)	Aceleración Máxima del Terreno(G's)
IV	IV Sentido en el interior por muchos, en el exterior por pocos. Ventanas, platos, puertas vibran. Las paredes crujen. Vibraciones como el paso de un camión grande; sensación de sacudida como de un balón pesado. Automóviles parados se balancean apreciablemente.	3.7 - 4.2	0.015 - 0.02
V	V Sentido por casi todo el mundo; muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, etc. se rompen; algunas casas de mampostería se agrietan. Objetos inestables volcados. Los péndulos de los relojes se detienen. Las puertas se balancean, se cierran, se abren. Árboles, arbustos sacudidos visiblemente.	4.3 - 4.9	0.03 - 0.04
VI	VI Sentido por todos; muchos se asustan y corren al exterior. Es difícil andar. Ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Algunos muebles pesados se mueven; se caen algunas casas de mampostería; chimeneas dañadas. Daños leves.	5.0 - 5.6	0.06 - 0.07
VII	VII Todo el mundo corre al exterior. Daños muy pequeños en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en las mal construidas; algunas chimeneas se rompen. Sentido por conductores.	5.7 - 6.2	0.1 - 0.15
VIII	VIII Daño leve en estructuras especialmente diseñadas para terremotos; considerable hasta con colapso parcial en edificios corrientes; mayor en estructuras pobremente construidas. Los paneles de las paredes se salen de los marcos. Se caen chimeneas, monumentos, columnas y paredes. Se viran muebles pesados. Pequeños corrimientos de arena y fango. Cambios en el caudal de fuentes y pozos, difícil conducir.	6.3 - 6.9	0.25 - 0.3
IX	IX Daño considerable en estructuras de diseño y construcción buena, estructuras bien diseñadas, desplazadas de sus cimientos; mayor en edificios corrientes con colapso parcial y total. Amplias grietas en el suelo. Eyección de arena y barro en áreas de aluvial. Tuberías subterráneas rotas.	7.0 - 7.6	0.5 - 0.55
X	X Algunas estructuras bien construidas en madera y puentes destruidos, la mayoría de las construcciones y estructuras de armazón destruidas con sus cimientos. Grietas grandes en el suelo. Deslizamientos de tierra, agua rebasa las orillas de canales, ríos, lagos, etc. Arena y barro desplazados lateralmente. XI Colapso de la mayoría de las estructuras de cemento y hormigón. Puentes y otras vías de transporte seriamente afectadas. XII Pérdida total en la infraestructura. Grandes masas de rocas desplazadas. Objetos pesados lanzados al aire con facilidad.	7.7 - 8.2 8.3 - 9.0 > 9.0	> 0.6

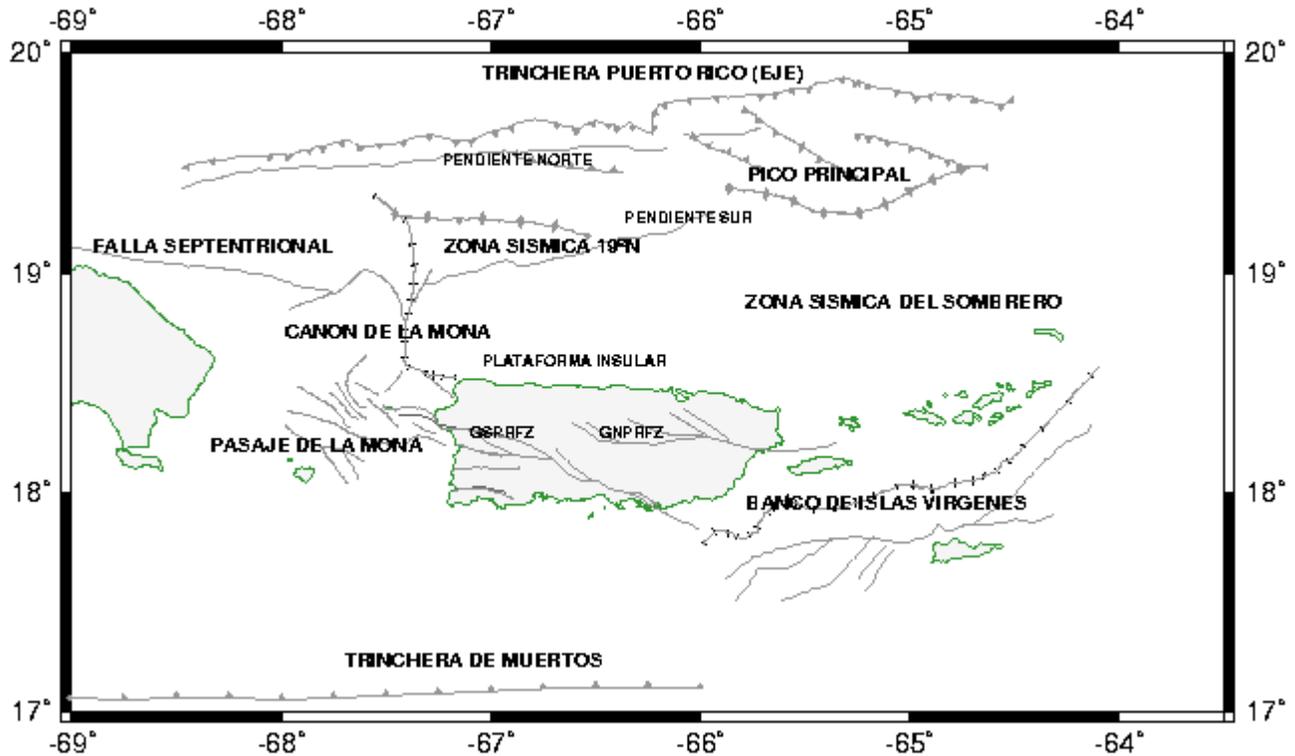
CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

La magnitud es una fórmula matemática o medida de la onda sísmica. Hay algunos temblores que producen ondas muy pequeñas y otras muy grandes. Debido a eso la magnitud de un terremoto se determina tomando el logaritmo (en base 10) de la altura de las ondas en los sismogramas. Al mayor movimiento del suelo, registrado durante la llegada de un tipo de onda sísmica, se le aplica la corrección estándar por la distancia. La diferencia en la cantidad de energía liberada entre un orden de magnitud y el próximo varía aproximadamente por un factor de 30. En otras palabras, se necesitan 30 sismos de magnitud 6 para liberar la energía equivalente a un sismo de 7 y 900 sismos de magnitud 6 para igualar a uno de magnitud 8.

El tamaño de un terremoto también se expresa en la aceleración, debido a la gravedad, que es la aceleración con la que cae una pelota en el vacío ($1.0g$, donde $g = 9.8 \text{ m/s}^2$). La historia sísmica de Puerto Rico es bastante larga, cuatro terremotos de gran intensidad han ocurrido en Puerto Rico, principalmente afectando las áreas oeste y sureste de la Isla en 1670, 1787, 1867 y 1918. Los conocimientos están basados en documentos históricos obtenidos de fuentes locales y archivos coloniales de Europa.

Basado en las estadísticas de frecuencia y recurrencia se pudiese estimar si los terremotos han ocurrido con una recurrencia de cada 51 a 117 años (uno o dos por siglos). En el 1918 fue el último terremoto fuerte, entonces se debería sentir otro de igual magnitud con efectos destructivos en los próximos años, o sea en cualquier momento. Sin embargo, cada uno de estos eventos se generó a lo largo de una falla diferente, por lo tanto, en base a estos eventos exclusivamente no se puede hacer una predicción sobre su ocurrencia.

Figura 4.6: Fallas Sísmicas en Puerto Rico



CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

En Puerto Rico estudios de vulnerabilidad han arrojado una probabilidad de 33 a 50% de una sacudida fuerte (Intensidad VII o más en la Escala Mercalli modificada) para diferentes partes de la Isla en un periodo de 50 años.

Si hoy ocurriera un terremoto fuerte, de magnitud similar a los que han ocurrido en el pasado, podría haber miles de muertos y heridos así como millones de dólares en pérdidas. Esto es debido a que el número de personas y edificaciones expuestas al peligro de terremoto es mucho mayor que antes. Es por tal razón, que la mitigación hará la diferencia entre sobrevivir o no a un terremoto y minimizar los daños. La vulnerabilidad en nuestra Isla ha crecido, ya que hoy en día ha habido un crecimiento acelerado en la población, infraestructura, industria, comercio y vivienda.

Los daños que podemos esperar por un fuerte terremoto serán potencialmente mayores que los ocurridos en el pasado. Podemos mitigar los posibles efectos de un terremoto conociendo cómo se originan, donde ocurren, sus posibles consecuencias y lo que podemos hacer para prevenir daños a vida y propiedad tomando medidas de preparación y prevención.

Las áreas de mayor vulnerabilidad a los terremotos son las áreas sureste y noroeste, mientras que las áreas del norte, centro y sur deberían registrar efectos menores. En general, las áreas costeras son las que están expuestas a mayor peligro. Las razones para esto son las siguientes:

- Están próximas a fallas submarinas activas.
- Pueden ser afectadas por Tsunami.
- Las ondas sísmicas pueden aumentar al llegar a las costas.
- Existe gran probabilidad de ocurrencia de licuaciones en los lugares arenosos costeros.
- En las áreas montañosas los terremotos pueden ocasionar grandes derrumbes. En las ciudades, las edificaciones construidas en terrenos poco firmes presentarán mayores problemas durante un terremoto.

Terremotos que han afectado a Cabo Rojo

Mayo 2, 1787

Un terremoto que se sintió fuertemente en toda la Isla, se reportaron daños de todos lados, excepto en el Sur, es probablemente el más fuerte sentido en la Isla. Se estima que alcanzó 8 grados en la escala Richter y tuvo su epicentro en la Trinchera de Puerto Rico. En la isleta de San Juan hubo daños considerables y se derrumbaron varias estructuras (DH, según informes del Cabildo de San Juan, 1787). Se agrietaron las paredes de la Iglesia Guadalupe en Ponce (G). No hay documentado los daños ocurridos en Cabo Rojo, ni la hora que ocurrió.

Noviembre 18, 1867, 2:50 PM

El epicentro de este terremoto fue localizado entre San Thomas y Santa Cruz en las Islas Vírgenes, M=7.3 (PS). Se sintió fuerte en todo Puerto Rico, pero los efectos más severos fueron en la parte oriental. Produjo amplios daños en las Islas Vírgenes y Puerto Rico por la aceleración del suelo y ocasionó un tsunami que penetra a 150 metros en las partes bajas de la costa de Yabucoa, su altura se estimó en unos veinte pies. Observaciones de alturas máximas para las

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

olas en Puerto Rico fueron de tres a cinco pies, en las cercanías de Arroyo, en la costa suroriental y fue observado a lo largo de las costas del este y sur de Puerto Rico. Reid y Taber asignaron una intensidad equivalente desde un elevado VIII a IX a este terremoto.

Aunque a este terremoto se le asignó una intensidad equivalente a un elevado VIII a IX por Reid y Taber, Robson propuso que este terremoto tuvo una intensidad de VIII. Hubo más de 500 réplicas durante un período de seis a siete meses (PRWRA). En Ponce, 70 de las 80 chimeneas de los ingenios de azúcar colapsaron (intensidad MM = VI; SL).

Octubre 18, 1918, 10:40AM

El terremoto ocurrido el 11 de octubre de 1918, es probablemente el que más daño ha causado en la Isla. El epicentro de este terremoto estaba localizado al noroeste de Aguadilla en el Canal de la Mona entre Puerto Rico y la República Dominicana. El temblor tuvo una escala de 7.5 y estuvo acompañado de un Tsunami de aproximadamente 6 metros (20 pies) de altura. Las áreas más afectadas fueron los Municipios de Aguadilla y Mayagüez donde murieron 116 personas y los daños alcanzaron alrededor de \$4 millones de dólares (costos de la época). El terremoto fue causado por una fractura de las rocas que forman el fondo del mar.

El efecto sentido del terremoto basado en la magnitud 7.5 en la Escala Richter fue daño considerable en estructuras de diseño y construcción buena, estructuras bien diseñadas, desplazadas de sus cimientos; mayor en edificios corrientes con colapso parcial y total. Amplias grietas en el suelo. Expulsión (eyección) de arena y barro en áreas de aluvial. Tuberías subterráneas rotas.

Un gran número de observadores de la región donde la intensidad pasó de VIII informaron haber visto ondulaciones del suelo superficial. En el mayor número de casos estas ondulaciones fueron observadas en los terrenos bajos, llanos y húmedos. Parecían moverse hacia el este o sureste. La intensidad aparente es siempre mayor en estos terrenos aluviales no consolidados que en puntos correspondientes en roca. Esta diferencia se acentúa donde el agua subterránea está cerca de la superficie. En Puerto Rico, desgraciadamente, la mayor parte de los pueblos y ciudades están construidas, en todo o en parte, sobre tierras aluviales.

En el caso de Cabo Rojo la intensidad sentida fue de aproximadamente VII y la escala Richter debe haber sido entre 5.7 a 6.2 lo que significa de acuerdo a la tabla titulada Comparación de Escala Mercalli Modificada versus Richter se establece: todo el mundo corre al exterior. Daños muy pequeños en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en las mal construidas; algunas chimeneas se rompen. Sentido por conductores.

La Red Sísmica de Puerto Rico posee una descripción detallada del evento la cual incluimos sin editar para el beneficio de los lectores del Plan debido a la cercanía de los lugares más afectados por dicho terremoto:

“La parte noroeste de la Isla fue la más afectada por el terremoto dada su proximidad al epicentro. Se estima que la magnitud del terremoto alcanzó 7.3 en la escala Richter. La

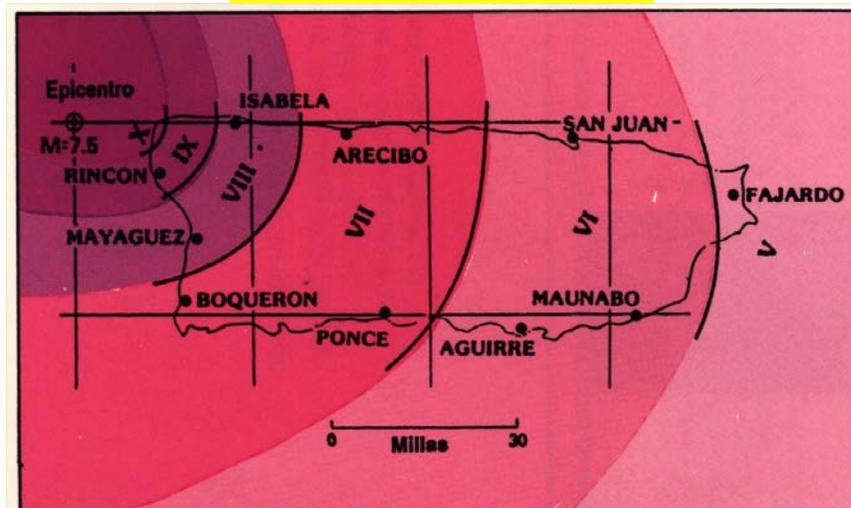
CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

magnitud es una medida de la cantidad aproximada de la energía liberada durante un sismo. Un terremoto 7.3 en la escala Richter se considera un evento de gran magnitud.

La intensidad del evento alcanzó un nivel IX en la ciudad de Aguadilla y sus alrededores acorde a la escala Rossi-Forel utilizada en la época. Tal intensidad supone un efecto entre destructor y devastador. Alcanzó un nivel de intensidad VIII en Cabo Rojo, Isabela y sus alrededores, lo cual significa efectos del terremoto en el suelo, las estructuras y el comportamiento de las personas y animales en un lugar determinado. Los niveles de intensidad IX y VIII en la escala Rossi-Forel significan que sus efectos fueron severos, capaces de ocasionar grandes daños y pérdidas de vidas como en efecto ocurrió.

Figura 4.7: Localización del epicentro del Terremoto del 1918

Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico



Localización del epicentro del terremoto del 11 de octubre de 1918.

El terremoto comenzó con una pronunciada vibración vertical seguida de oscilaciones del este y oeste. El terremoto comenzó repentinamente, sin aviso. No se habían sentido sacudidas en la parte noroeste de la Isla durante siete u ocho meses. Dos fuertes temblores separados por un intervalo de dos o tres minutos fueron sentidos. El primero fue el más fuerte y fue descrito como el que tuvo un fuerte movimiento vertical; fue seguido de oscilaciones horizontales que causaron gran parte de las pérdidas. Sintiendo temblores de menor intensidad a frecuentes intervalos. Subsiguientemente, y al principio, parecía que la tierra temblaba sin cesar en períodos de gran duración. Las fuertes sacudidas subsiguientes, el 24 de octubre y el 12 de noviembre, se diferenciaron del primer evento en que parecían consistir principalmente de oscilaciones horizontales. Aun cuando al parecer eran de considerable amplitud, el período de estas oscilaciones horizontales fue relativamente despacio, y por consiguiente, pocos fueron los daños causados, pero algunos objetos sueltos que quedaron en pie con el primer temblor, fueron arrojados al suelo.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

ONDULACIONES SUPERFICIALES

Un gran número de observadores de la región donde la intensidad pasó de VIII informaron haber visto ondulaciones del suelo superficial. En el mayor número de casos estas ondulaciones fueron observadas en los terrenos bajos, llanos y húmedos. Parecían moverse hacia el este o sudeste. La intensidad aparente es siempre mayor en estos terrenos aluviales no consolidados que en puntos correspondientes en roca. Esta diferencia se acentúa donde el agua subterránea está cerca de la superficie. En Puerto Rico, desgraciadamente, la mayor parte de los pueblos y ciudades están construidas, en todo o en parte, sobre tierras aluviales.

GRIETAS EN EL SUELO

Se formaron grietas de otro tipo en los terrenos bajos y llanos donde el agua subterránea estaba cerca de la superficie. Estas grietas se debieron a la incoherencia del terreno al ser sacudido por el paso de las ondulaciones descritas. Por muchas de estas grietas salió agua mediante la presión de la ondulación al pasar, y esta agua contenía más o menos arena que se quedó depositada en la superficie. Otro de los efectos fue el aumento del volumen de agua en corrientes y zanjas procedente de la extracción de agua de los espacios entre las partículas en aluvión saturado, mediante la compresión y tal vez también de las rocas fracturadas. Este fenómeno es hoy conocido como licuación de arenas.

DERRUMBES

Los derrumbes fueron comunes donde la intensidad pasó de VII y las condiciones eran favorables. Afortunadamente, no se observaron importantes derrumbes a pesar de las fuertes pendientes existentes en casi toda la Isla. Hubo muchas caídas de rocas en las pendientes de los cerros calizos, y grandes masas de piedra caliza desprendiéndose de los altos riscos cercanos a la costa.

PUENTES

Muchos puentes fueron damnificados por el terremoto y algunos destruidos. En la mayoría de los casos los daños fueron cuando cedieron las márgenes de los ríos cercanas a los estribos.

CHIMENEAS

En aquellos lugares en que la intensidad alcanzó o superó los VII casi todas las chimeneas de ladrillo de las centrales se vinieron al suelo o fueron seriamente damnificadas. Las de concreto armado y de acero no tuvieron percance alguno.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

TSUNAMI (TSUNAMI U OLA MARINA SISMICA)

Una gran ola marina sísmica siguió al terremoto. Alcanzó su mayor elevación en los puntos cercanos a la esquina noroeste de la Isla, donde se observó casi inmediatamente después del terremoto. La gran ola que acompañó el terremoto se acercó a la playa con el arco delante de la cresta, toda vez que el agua primero se retiró de la costa para después volver. Este hecho concuerda con la hipótesis de que hubo súbito desplazamiento hacia abajo de limitada área del fondo del mar. Una gran ola marina, como la observada, puede ser causada por el súbito desplazamiento vertical del fondo del mar pero no por un desplazamiento horizontal.

En todos los lugares que se vio la ola en las costas de Puerto Rico e islas vecinas, los observadores informan que el mar primero se retiró de la costa exponiendo a la vista, en algunas partes, arrecifes y extensiones del fondo del mar nunca habían sido visibles en las mareas más secas. Y entonces el agua volvió, alcanzando elevaciones igualmente altas sobre lo normal. En algunos puntos la gran ola vino seguida de una o dos más pequeñas. En las bahías cerradas el agua siguió con flujo y reflujo por algún tiempo. Cerca de Punta Agujerada se calculó la elevación de la ola entre 5.5 y 6.0 metros (aproximadamente 20 pies). Los cálculos del tiempo transcurrido entre el temblor de tierra y la llegada de la ola marina fueron de 4 a 7 minutos.

En el pueblo de Aguadilla 32 personas murieron ahogadas y cerca de 300 ranchos existentes en la playa fueron destruidos. En la vecindad de Punta Agujerada 8 personas murieron ahogadas.

Mayo 30, 1987, 1:55PM

Un terremoto fue sentido en el suroeste de Puerto Rico con una magnitud 4.8 e intensidad IV. El epicentro fue cerca de Boquerón a pocas millas de Cabo Rojo y hubo leves daños. En la Escuela Segunda Unidad Carmen Vignals ubicada en el Bo. Boquerón un salón colapso.

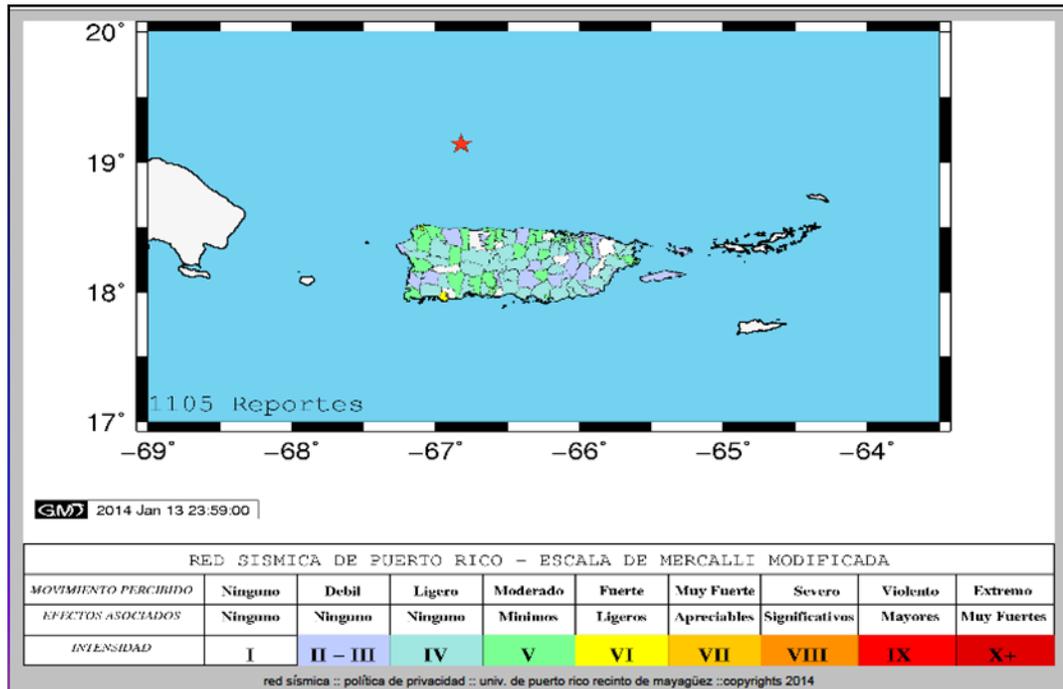
Terremoto del 13 de enero de 2014, 12:01 am

Un terremoto magnitud 6.4 fue sentido principalmente al norte de Puerto Rico. La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) recibió informes de que este temblor fuerte fue reportado como sentido en ampliamente en todo Puerto Rico con una intensidad máxima de V (Escala Mercalli Modificada, MM).

El terremoto ocurrió en la zona de la falla de los 19 grados a las 12:01 am. La distancia del epicentro fue a 61.71 Kilómetros al norte-noreste de Quebradillas, 62.23 kilómetros al norte-noreste de Isabela y a 68.35 kilómetros al norte-noroeste de Arecibo. Con una profundidad de 41 kilómetros. No se reportaron daños mayores, sin embargo, ocurrieron más de 100 réplicas en los días siguientes.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Figura 4.8: Epicentro del Terremoto del 14 de enero de 2014



Peligros Asociados a los Terremotos en Cabo Rojo

Durante un terremoto pueden ocurrir vibraciones en el terreno, amplificación de las ondas sísmicas, licuación, deslizamiento y Tsunami. La mayoría de estos efectos secundarios ocurrieron en el terremoto de 1918. Las vibraciones en el terreno causan la mayor parte de los daños producidos por un terremoto. La geología de la zona y las condiciones de los suelos son determinantes en los daños causados a los edificios. Las condiciones del suelo, tales como su espesor, contenido de agua, propiedades físicas de los materiales no consolidados, topografía de la roca madre, geometría de los depósitos no consolidados y las propiedades físicas de la roca subyacente, entre otros, pueden modificar la naturaleza de los movimientos de la superficie del terreno al cambiar la frecuencia y amplitud de las ondas sísmicas. Un terremoto de la misma magnitud que el ocurrido el 1918 causaría grandes daños ya que el área de Cabo Rojo combina los elementos geológicos, suelos y densidad poblacional.

Todo el territorio del Municipio es susceptible a vibración del terreno. Sin embargo las áreas que contienen depósitos de gran espesor de relleno artificial, materiales sedimentarios blandos y saturados por agua, vibran más fuerte y por más tiempo que las que yacen sobre roca sólida y firme. Las ondas sísmicas se amplifican en los lugares donde hay terrenos blandos de gran espesor. Estas áreas generalmente incluyen los llanos aluviales y zonas dónde se han rellenado lagunas, caños, pantanos y manglares. Durante un sismo, estos lugares tiemblan con más fuerza y por mayor tiempo, por esta razón sufren más daño.

En sismos pequeños estas vibraciones duran pocos segundos, pero en terremotos fuertes como el de 1918 en Puerto Rico la duración alcanzó hasta dos minutos. Luego de un terremoto fuerte lo más normal es que la tierra siga temblando. Generalmente ocurren réplicas que pueden ser casi tan fuertes como el

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

terremoto inicial. Estas son potencialmente destructivas. La frecuencia de los temblores declinará con el tiempo. El mismo día 11 de octubre de 1918, luego del sismo principal, ocurrieron más de 24 temblores. Centenares de sismos de menor magnitud ocurrieron en un período de seis meses después del terremoto. La extensión y distribución de daños en Cabo Rojo es variada por:

- Los suelos blandos y sedimentos sueltos que están en lugares vulnerables a la amplificación están existentes a través de cuerpos de agua. Hay varios factores geológicos que contribuyen a esto:
 - Rocas débiles o suelos cerca de la superficie
 - Espesor de los sedimentos sobre la roca
- Comúnmente las ondas sísmicas tienden a viajar rápido sobre las rocas. Según ondas pasan a través de las rocas disminuyen. Sin embargo, los movimientos de terrenos tienden a ser más fuertes una vez se mueven a través de capas de suelos blandos.
- Hay un potencial de amplificación de movimiento de terreno en los valles inundables de Cabo Rojo. Fallas inactivas y otras estructuras geológicas están bajo los sedimentos.

Hay edificios residenciales que están localizados en los lugares de riesgos altos a muy altos y son susceptibles a daños por terremotos. En esas áreas muchos edificios residenciales de construcción pobre son vulnerables a terremotos.

Licuación

La licuación es otro de los peligros geológicos causado por el terremoto. La licuación es el proceso en el que la tierra y la arena se comportan como un fluido denso más que como un sólido húmedo durante un terremoto. Los terrenos susceptibles a licuación se transforman en una especie de barro fluido que provoca el hundimiento de edificios, muros, carreteras etc., debido a que se quedan sin base de apoyo.

La licuación es un fenómeno que se producen en terrenos blandos saturados de agua durante sacudidas sísmicas fuertes y largas. El suelo se comporta y fluye como líquido debido a que las vibraciones sísmicas aplican fuerzas al fluido relleno de los huecos entre los granos de arena, causando la salida de agua y fango a la superficie durante la sacudida. Esto compacta finalmente los granos de arena y provoca asentamientos del terreno o deslizamiento, al producirse una sensible pérdida de resistencia en los estratos afectados. La licuación ocurre particularmente cuando el nivel del agua subterránea es superficial y en zonas como lechos fluviales, estuarios, rellenos artificiales, etc. Las áreas susceptibles a licuefacción pueden ser identificadas de acuerdo a sus características geomorfológicas, tipo y edad de los depósitos geológicos, y profundidad del nivel freático.

En los lugares arenosos, en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo, que estén saturados de agua que abundan en los márgenes de los ríos, playas y la zona costera, existe un alto potencial de que ocurra el fenómeno de licuación. Cuando éste ocurre, la arena se comporta como si fuera arena movediza. Durante este proceso, la arena pierde su capacidad para sustentar las estructuras construidas sobre ella, haciendo que éstas se asienten diferencialmente o se hundan

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

parcialmente en el terreno, esto afectaría principalmente los barrios de Guanajibo, Miradero, Pedernales, Boquerón y Llanos Costa por su cercanía a la costa.

Deslizamiento

Otros de los efectos de los terremotos son el deslizamiento de los terrenos. Un deslizamiento se define como un movimiento de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material. Los deslizamientos son causados por el movimiento de la tierra en áreas de topografía relativamente empinada y de poca estabilidad de pendiente.

Los deslizamientos de tierra y de lodo desencadenados por los terremotos han sido los causantes de la mayoría de las muertes y las lesiones serias en varios terremotos recientes, incluyendo los de Tayikistán (1989), Filipinas (1990) y Colombia (1994). A comienzo del siglo pasado, los deslizamientos fueron claramente los hallazgos dominantes en los terremotos de China, 100.000 muertos en 1920, y uno que mató más de 66.000 en Perú en 1970.

Los deslizamientos pueden enterrar comunidades, barrer vehículos lejos de las vías, en barrancos, especialmente en áreas montañosas. El material deslizado puede también caer en los ríos y formar represas que causen inundaciones río arriba y, si el dique se rompe de repente, puede causar ondas de agua enviadas súbitamente aguas abajo. Los dos eventos ponen en riesgo los asentamientos humanos.

La parte montañosa de Cabo Rojo (área montañosa) tiene un potencial de bajo a moderado para deslizamientos como consecuencia de un terremoto.

Recurrencia de Terremotos

En Puerto Rico, un estudio de vulnerabilidad sísmica realizado por el Dr. William McCann en 1987 arrojó una probabilidad de 33 a 50% de una sacudida de intensidad fuerte (Intensidad VII o más en la escala Mercalli Modificada) para diferentes partes de la Isla en un periodo de 50 años, detalles adicionales de otros lugares en Puerto Rico pueden ser obtenidos en el siguiente enlace de la Red Sísmica en la internet:

http://www.prsn.uprm.edu/Spanish/informacion/sisnotas_predic.php

Un estudio del 2003 del Servicio Geológico de los Estados Unidos reveló que el área Oeste-Suroeste de Puerto Rico es el más vulnerable a terremotos (Figura 4.8). Esto es sin tomar en consideración peligros secundarios como los Tsunamis, licuación y amplificación de onda sísmica que afectan más las zonas costeras bajas y los deslizamientos que se pueden generar en la zona montañosa. Aunque hasta este momento no existe en el mundo un método con bases científicas sólidas que permita la predicción exacta de un evento sísmico de cualquier magnitud y las predicciones a largo plazo tampoco ofrecen una garantía del 100% de lo que pueda ocurrir, el tiempo y el esfuerzo utilizado con este fin no ha sido en vano, ya que grandes avances en la sismología han surgido a raíz de estas investigaciones.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Figura 4.9: Mapa de Amenaza Sísmica en Puerto Rico (USGS)

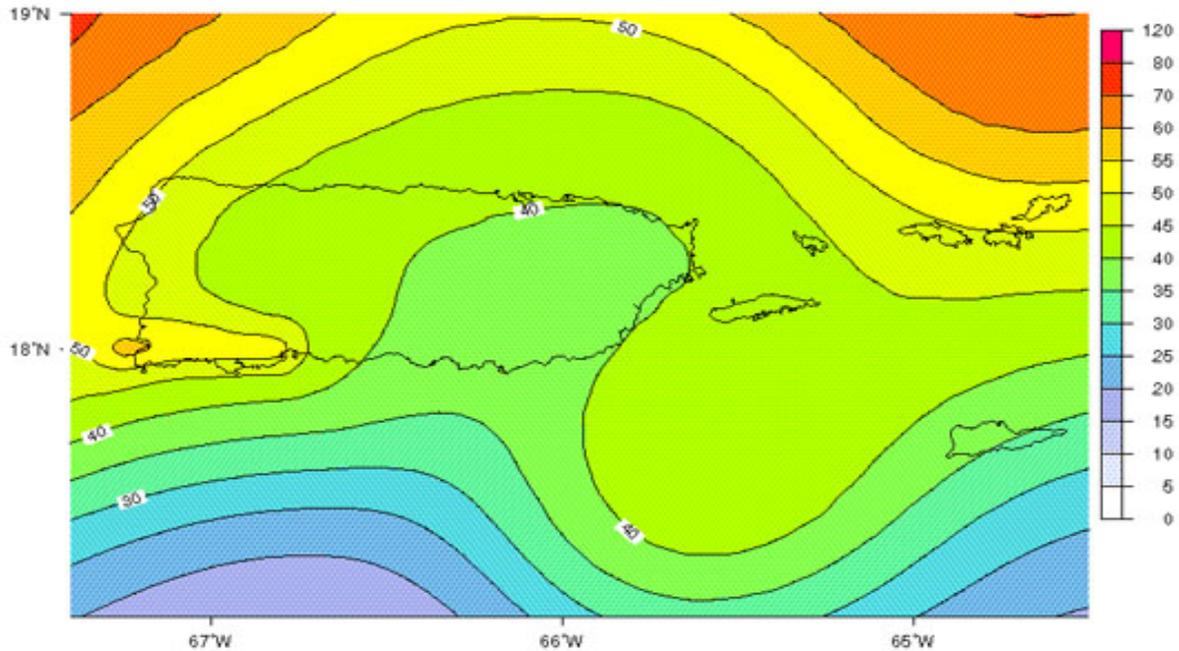


Fig.4: PGA (%g) with 2% probability of exceedance in 50 years from all modeled sources.

En el Municipio Autónomo de Cabo Rojo, la probabilidad de sufrir una sacudida fuerte, intensidad de VII o más en la escala Mercalli Modificada es 50% en 50 años de acuerdo a la figura 4.9. La vulnerabilidad en el Municipio ha crecido ya que hoy en día existe un crecimiento en la población, infraestructura, industria, comercio y vivienda y los daños que podemos esperar de un fuerte terremoto serán potencialmente mayores de lo ocurrido anteriormente. Es por tal razón que la mitigación puede hacer la diferencia de sobrevivir o no a un terremoto y minimizar los daños.

Un terremoto fuerte pudiera venir acompañado de numerosos derrumbes, especialmente si éste ocurre luego de un periodo prolongado de lluvia que haya debilitado o saturado los suelos. Los derrumbes pueden bloquear carreteras y afectar las estructuras en terrenos inestables del Municipio. En un estudio de Larsen and John E. Parks, Open File Report 98-566 se explica los peligros inminentes de los terremotos o movimientos de masa de terreno respecto a los derrumbes y erosión. Por otro lado, la susceptibilidad de los derrumbes en las carreteras, fue evaluado en un estudio realizado por Larsen and Parks (1997). No obstante lo anterior, en la costa del área sur la vulnerabilidad es moderadamente alta para el Barrio La Parguera, por la proximidad a los movimientos de suelo que puedan experimentarse en la costa del Municipio.

TSUNAMI/MAREMOTO

Cabo Rojo se encuentra en un área susceptible al efecto de "Tsunami"; olas que pueden ser generadas por terremotos, volcanes, meteoritos, derrumbes costeros o subterráneos, y explosiones de gran magnitud. El Tsunami (del japonés "Tsu": puerto o bahía, y "Nami": ola) es una ola o serie de olas que generalmente no es sentido por las embarcaciones en alta mar, ni puede visualizarse desde la altura de un avión volando sobre el mar. Su efecto es sobre la costa.

Un Tsunami es causado por el hundimiento del fondo del mar, lo que atrae gran cantidad de agua para llenar el hueco. El agua se retira de las costas y se acumula en el fondo del mar en una cantidad mucho mayor que la necesaria (Picó 1975:82). En la mitad de los Tsunami el mar se recoge, exponiendo grandes extensiones del fondo marino. El movimiento brusco del agua desde la profundidad genera un efecto de "latigazo" hacia la superficie que es capaz de generar olas de gran tamaño que pueden viajar distancias de miles de kilómetros sin perder mucha fuerza. La velocidad aumenta considerablemente cerca de la costa, donde hay menos profundidad y menos agua que desplazar. Un Tsunami mar adentro al llegar a la costa se siente como una ola grande que al llegar a la costa puede destruir todo a su paso. Las olas son generalmente de entre 6 a 7 metros de altura, pero pueden llegar a más de 30 metros de altura. Además, la turbulencia que produce en el fondo del mar arrastra rocas y arena que provoca un daño erosivo en las playas alternando la topografía. Un sólo Tsunami puede tener diez o más olas destructivas en 12 horas.

Los terremotos que causan Tsunami pueden ser locales o distantes. Los primeros producen daños más devastadores debido a que no dan tiempo suficiente para desalojar la zona ya que generalmente se producen entre 10 y 20 minutos después del terremoto. Un terremoto lo suficientemente fuerte como para agrietar muros, tiene el potencial de generar un Tsunami. Además, el terremoto mismo genera terror y caos que hacen muy difícil organizar un desalojo ordenado. El Tsunami puede penetrar por ríos, quebradas o marismas, varios kilómetros tierra adentro. Cabo Rojo se encuentra apoyado hacia la parte de tierra contra un borde de montañas y colinas, lo que aumenta el potencial de destrucción (Picó 1975:82).

No todos los terremotos generan tsunami, sino sólo aquellos de magnitud considerable que ocurren bajo el lecho marino, y que son capaces de deformarlo. Además, no todos los Tsunamis son generados por terremotos. Las avalanchas, erupciones volcánicas y explosiones submarinas pueden generar Tsunamis que se disipan rápidamente sin causar daños en las costas. La caída de un meteorito en el océano y/o su impacto en el fondo marino en caso de caer en una zona de baja profundidad, generaría un Tsunami.

Tipos de Tsunamis

Los tsunamis se clasifican en varios tipos, los cuales mencionamos a continuación:

- Tele-tsunamis los cuales pueden generarse a corta, o larga distancia, contra el lugar de impacto.
- Deslizamientos: No siempre son generados por terremotos, sino por un deslizamiento en el lecho marino.
- Volcánicos, los cuales pueden crear tsunamis en diferentes formas mediante el colapso de cráteres o explosiones.
- Tectónicos: Formados a través de las fallas en el fondo del mar. Este del tipo que afecta al Caribe y como afectó a Puerto Rico en el 1918, cuya devastación será descrita más adelante, impactando la zona oeste con una magnitud de terremoto de 7.5.

Los tsunamis pueden tomar tres formas básicas a lo largo de una costa, a saber:

- Olas que no rompen, aparentando ser una marea que aumenta rápidamente.
- Olas que rompen lejos de la costa y que aumentan su tamaño en forma considerable antes de alcanzar la costa.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

- Olas que rompen cerca de la línea de la costa, algunas de tamaño considerable pero que muestran uniformidad en su altura a lo largo de la costa.

A consecuencia del impacto directo de las olas y su retiro posterior hacia el mar, las casas y edificios que se encuentran cercanos a la costa sufren daños que las hacen inhabitables. Además estas olas causan gran erosión en las costas y los cimientos de las estructuras. Un Tsunami trae consigo objetos flotantes, escombros o hasta embarcaciones grandes que pueden estrellarse contra otras embarcaciones en la costa. Pueden ocurrir otros daños como derrames de sustancias tóxicas, explosiones, contaminación de agua potable, etc.

Aunque la ola del Tsunami parezca pequeña, su enorme velocidad y los objetos que ella arrastra pueden causar enormes daños en las edificaciones cercanas a la costa. En Puerto Rico, el riesgo de tsunami generado localmente en la región del Caribe es mayor que el riesgo de Tsunami generados por terremotos o erupciones volcánicas lejos de nuestra Isla.

El problema para Puerto Rico y las Islas Vírgenes radica en la cercanía del lugar de generación de los Tsunamis ya que es más probable se incremente la ola cerca de la costa, siendo el tiempo para aviso muy corto. Al contrario de Hawái, en que los lugares de generación están distantes de la costa ocasionando que los avisos pueden difundirse con horas de anticipación. De hecho, en los últimos 150 años, las fatalidades relacionadas a Tsunamis en el Caribe, fueron casi 5 veces mayores que en Hawái, Alaska y la Costa Oeste de los Estados Unidos combinadas.

Puerto Rico no está exento al impacto de los Tsunami. Los temblores de 1867 y 1918 provocaron sendos Tsunami que afectaron las costas de la Isla. En el caso del terremoto de 1867 el mar se retiró aproximadamente 500 pies y penetró la isla en las zonas bajas con una ola de aproximadamente 18 pies. Este evento causó daño a las estructuras que se encontraban en la costa este de la Isla.

El terremoto de octubre de 1918 estuvo también acompañado de un Tsunami que llegó a alcanzar 6 metros de altura. Aproximadamente 40 personas murieron ahogadas muchas de ellas cuando se acercaron a la costa cuando el mar se retiró. Según cuentan los testigos oculares del evento el mar se retiró inmediatamente después del terremoto, quedando expuesto a clara vista los arrecifes y sectores de fondo del mar. La mejor descripción del Tsunami se encuentra en un documento preparado por la Cámara de Representantes de los Estados Unidos la cual incluimos íntegramente:

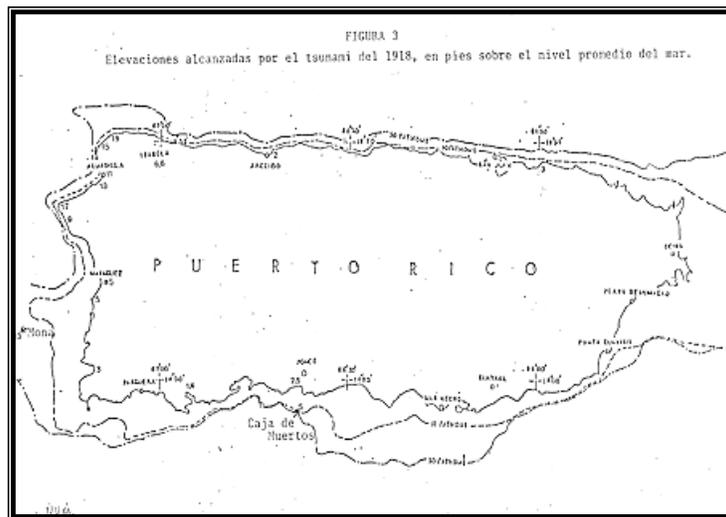
"The great sea wave which followed the earthquake of October 11 was highest at the points near the corner northwestern of Porto Rico where it was observed almost immediately after the earthquake. In passing along the coast toward the east the wave decreased in height, though not uniformly, and the time interval between the earthquake shock and the arrival of the sea wave gradually increased. Wherever the wave was seen on the coast of Porto Rico and neighboring islands, observers report that the ocean first withdrew from the land, in places exposing reefs and stretches of sea bottom never visible during the lower tides, and then the water returned, reaching height that were equally high above normal. At some places the great wave was followed by one or more smaller ones, and, especially in shattered bays, the water continued to ebb and flow for some time.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

At the Point Borinquen Lighthouse the keeper, who was up in the tower when the earthquake began, immediately started down the stairs, and as he went down he noticed that the water along the shore had already begun to recede. It returned quickly and measurements to point indicated by him show that the height reached by the water, not counting the wash of the wave, was about 4.5 meters above the sea level. Just the southwest of the lighthouse, where the land is lower, the water is reported to have washed inland 100 meters into a grove of coconut palms. The lighthouse keeper had the impression that the wave came from the northwest.

Near Point Agujereada the limestone cliffs are 100 to 120 meters in height, and their base is a narrow strip of beach which in the wider spaces was planted with coconut palms and used for pasturage. Several hundred palms were uprooted by the wave, and the beach was turned into a sandy waste. In this vicinity a few small houses were destroyed and eight people reported to be drowned. Several persons visiting the district soon after the occurrence estimated the height of the wave as 5.5 to 6 meters, and the evidence remaining at the time of our visit supported this estimates.

Figura 4.10: Elevaciones Alcanzadas por el Tsunami del 1918



At many places we were able to make fairly accurate measurements of the height of the wave, as the water has entered the ground floors of houses staining wall paper and leaving a record that was plainly visible for a long time afterwards. At Aguadilla the height of the wave seems to have varied somewhat in different parts of the city, but at no place were the measurements less than 2.4 meters above sea level and near the head of the bay the crest of the wave must have been at least 3.4 meters in height. In this town, 32 people are said to have been drowned and about three hundred little huts, built along the beach were destroyed. Estimates at the time interval between the earthquake shock and the arrival of the sea wave, made by different observers, range from 4 to 7 minutes. One of the best estimates (5 to 6 minutes) was made by Mr. Manuel Jiménez, who, during the interval, ran a distance of 564 meters to meet his children and then walked with them 267 meters. He timed himself over the same course at a later date. The calculated time for the wave to travel from the earthquake origin to Aguadilla is 5 minutes.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

The Columbus Monument, which stood on the beach near the mouth of the Culebrinas River, about four kilometers southwest of Aguadilla, was thrown down, probably by the earthquake, and rectangular blocks weighting over a ton were carried inland and slightly down hill by the wave to distances of 45 and 75 meters. The water washed over dune sand which was 3.4 meters above sea level and the effects on the vegetation indicated that the wave could not have been less than four meters high.

At the Point Jiguero Lighthouse the keeper, shortly after the earthquake, saw the ocean retire from the shore; and, upon returning about two minutes later, it uprooted coconut palms a short distance north of the lighthouse and crossed the railroad track, leaving fish between the rails, which are here 5.2 meters above sea level. At the time of our visit the vegetation by the track still showed marks of the rush of the water. For a short distance the coast to the southeast was somewhat protected by the point and the wave was much smaller. About a kilometer from the lighthouse it was 2.75 meters high, and a kilometer further it was only 2.6 meters in height.

At Mayagüez the sea wave entered the lower floors of buildings near the water front and destroyed a few native huts along the beach but did comparatively little damage. One small house was carried seaward by the retiring wave and left stranded a short distance from the shore. Lighters and other small boats anchored 300 to 400 meters off shore were not affected. In the northern part of the city a narrow brick wall running S. 76o E. was overturned by the wave. In this vicinity the water marks on houses indicates that the wave reached a height of 1.1 to 1.2 meters above sea levels. Farther south a water mark extending all around the office of the Bull Insular Line (Inc.) is 1.5 meters above sea levels; 3 gentlemen who left the Central Corsica near Rincón by automobile immediately after the earthquake arrived at Cabo Rojo before the sea wave was observed and this trip cannot be made in less than 25 or 30 minutes. Some others estimated than an hour or more elapsed between the earthquake and the arrival of the sea wave; but perhaps they saw a latter wave, for the calculated interval is about 23 minutes.

About four kilometers southwest of Mayagüez the height of the wave was 1.4 to 1.5 meters, according to the measurements made to marks indicated by eyes witnesses.

At El Boquerón measurements made to some marks pointed out by observers indicate that the wave was about a meter high; one observer stated that the ocean withdrew about an hour after the earthquake, the water going out gradually during a period of twenty minutes. The calculated interval is about three quarters of an hour a small boat anchored about 50 meters from shore were the water is normally 1.5 meter in depth, rested of the bottom for a few minutes. The ocean returned more rapidly than its retired and the first wave was followed by several smaller ones.

At Guánica along the Plaza the waters reached a height of 38 to 48 centimeters above mean sea levels and a kilometers south east nearer the entrance to the bay the height was about 50 centimeter. One observer put it at the time of the shock; but the sea wave could not have arrive until a half hour latter.

At the Ponce Municipal Dock Mrs. Lillian Gonzalez stated that there was a slight depression and revelation of the water level immediately after the earthquake, and that a similar phenomenon was observed at 2 p. m. Mr. Girdle keeper in charge of the Cordon Islands Light Station, reports that on

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

the west side of the island the sea was rose 75 centimeters coming about 5 meters inland at El Metros Island Light Stain Mr. Bermuda the keeper in charge states that an hour after the earthquake the sea receded and then returned covering about 15 meters of beach about the normal shorelines. He estimates the water rose about 1.5 meters above sea level.

The reports from point near Poncho are not very consistent, though this probably been expected were the wave has become small and less noticeable. Disturbances of water, such as those reported at Poncho and Guanaco immediately after the earthquake are probably due to oscillations of the lands.

The north coast of Porto Rico is beaten by the heavy waves of the trade winds belt, and therefore small fluctuations in the height of sea level are less noticeable than they are on the south and west side of the island. Moreover the houses are not built so close to the shore as they are on the coast where there is more protection. For these reasons the wave especially are more distant places where it has become small, was noticed chiefly in the estuaries of large rivers.

At Isabela the wave was seen by several people who think that it came in about in half- hour or more after the earthquake. This estimate like many of the others is too long for the wave most have arrived in less than 15 minutes. The water withdrew slowly, and the returned slowly until is barely covered a ledge of rock about 2 meters above the mean sea level.

At Arecibo the wave is said to have been noticed ten or fifteen minutes after the shock witch correspond to the calculated time. It was 30 to 60 centimeters high. Mr. R. M. Palmer, the municipal engineer who watched the wave advanced up the Arecibo river estimated that it was about 10 centimeters height in the river and took perhaps three minutes to pass a given point.

The wave was not noticed in the bay at San Juan, probably because it was small and was obstructed by the narrow entrance. Mr. H. W. R. Bunbury reports that near Convenes the water in the Rio Grande de Loíza receded and then rose about 1 meter above its normal height, the phenomenon occurring 25 or 30 minutes after the earthquake. The wave should have reached the mouth of the river about 20 minutes after the shock."

Figura 4.11: Casa Arrastrada por Tsunami

Fuente: Red Sísmica de Puerto Rico



Posibilidad de que ocurra un Tsunami en Cabo Rojo

Todos los días ocurren un promedio de tres o cuatro temblores en Puerto Rico. La mayor parte de éstos son imperceptibles a los seres humanos. Sólo los sismógrafos, que son instrumentos que se utilizan para la medición los registran. El análisis histórico de los terremotos nos revela que en Puerto Rico han ocurrido fuertes terremotos a intervalos que fluctúan entre 51 y 117 años. Ya han pasado más de 45 años desde el intervalo más corto y aunque no se pueda predecir cuándo ocurrirá el próximo terremoto fuerte sabemos que podría ser en cualquier momento.

A pesar de que los tsunamis no son la causa mayor de riesgos naturales en el Caribe, ellos tienen el potencial de producir un desastre de gran magnitud, sus eventuales efectos o daños pueden ser mitigados con una apropiada preparación. Sus efectos devastadores pueden destruir edificios, socavar puentes, provocar derrames y fuegos. Entre los lugares y daños que pueden verse afectados son:

- Inundación en el área costera en los barrios: Llanos Costas, Boquerón, Pedernales, Miradero y Guanajibo, debido a las olas asociadas al terremoto que puedan penetrar tierra adentro, lo que puede provocar destrucción de propiedad y muertes por ahogamiento.
- Daños a las estructuras ubicadas en la costa del Municipio Autónomo de Cabo Rojo a consecuencia del impacto directo del rompimiento de las olas y su retiro posterior hacia el mar. Además estas olas causan gran erosión en la costa y en los cimientos de las estructuras.
- Daños o destrucción como resultado de los objetos flotantes, que pueden variar desde pequeños escombros hasta embarcaciones grandes que estaban ancladas en bahías y puertos y que pueden estrellarse contra otras embarcaciones o estructuras que están ubicadas en la costa.
- Efectos secundarios provocados por el maremoto, tales como: derrames de sustancias tóxicas, explosiones, contaminación de agua potable, etc.

La Red Sísmica de Puerto Rico ha establecido el Puerto Rico Warning System, el cual tiene una serie de tecnología disponible para la detección de tsunamis, que incluye también al Caribe. La red cuenta con sistemas tales como mareógrafos, estaciones sísmicas como sismogramas y boyas "Dart".

El 20 de diciembre de 2006, se emitió por el Congreso bajo el "Public Law" 109-424, el "Tsunami Warning and Education Act", bajo el programa de NOAA, autorizando al National Weather Service a ejercer funciones de pronóstico, aviso y mitigación respecto a este tipo de riesgo. Esta reglamentación es extensiva a Puerto Rico. A tal nivel que en previsión a la aprobación de la misma, le hicieron los preparativos para la puesta en marcha del Puerto Rico Warning System.

Debido a la ocurrencia de los tsunamis de (1867), con un terremoto de magnitud 7.3, con el epicentro localizado en el Pasaje de la Anegada, y del impacto del 1918 con el epicentro localizado en el Cañón de la Mona, la Red Sísmica ha procurado preparar a la Isla, particularmente las áreas de amenaza mayor ante la posibilidad del impacto de tsunami, las áreas costeras.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Plan de Aviso y Desalojo por Tsunami para el Municipio Autónomo de Cabo Rojo

Luego del tsunami catastrófico del Océano Indico registrado el 26 de diciembre de 2004, el Presidente de los Estados Unidos autorizó al Departamento de Comercio mediante el Servicio Nacional de Meteorología a cargo de fortalecer el programa de detección, monitoreo, alerta y mitigación de tsunamis para los Estados Unidos y sus territorios incluyendo el Océano Atlántico, Caribe y Golfo de México, bajo la ley 109-424 del 20 de diciembre de 2006 en el Acta de Alerta y Educación de Tsunamis. El "Puerto Rico Tsunami Warning and Mitigation Program" ha preparado una serie de mapas de riesgo de tsunami para la Isla. Los mapas fueron creados utilizando simulaciones numéricas que se utilizan como herramienta de mitigación de eventos naturales raros. El mapa está incluido en el Apéndice 2 y es titulado Mapa de Desalojo por Tsunami el cual ilustra las zonas en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo que podrían ser afectadas por un Tsunami.

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo forma parte del Programa de Alerta y Mitigación de Tsunamis (Programa Tsunami Ready), siendo así se han identificado los lugares donde pueden ocurrir daños. El Programa de Alerta y Mitigación de Tsunamis consiste de seis tareas:

1. Preparación de mapas de inundación y desalojo para el archipiélago de Puerto Rico;
2. La educación acerca este "peligro olvidado" en el Caribe (incluyendo videos, simulacros de tsunami, talleres y la instalación de letreros de alerta de tsunami en las playas);
3. Monitoreo de datos sísmicos y mareográficos en tiempo real (24 horas al día-7 días de la semana) para la determinación rápida de los parámetros de terremotos y cambios significativos en el nivel del mar
4. Desarrollo de protocolos para la emisión y diseminación de alertas de tsunami para Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses y Británicas;
5. Preparación de un sistema de bases de datos basado en el historial de tsunamis ocurridos en el Atlántico y el Caribe;
6. Participación en las reuniones del USA National Tsunami Hazard Mitigation Program

La recomendación inmediata a realizar en caso de un tsunami es dirigirse a un punto de Asamblea (A). Los puntos oficiales de asamblea son áreas indicadas con una "A" en el mapa de desalojo. Han sido designadas por las autoridades de Manejo de Emergencia por estar localizadas fuera del área de inundación, ser accesibles y tener la capacidad de recibir el número esperado de personas. También puede dirigirse a otros lugares, siempre y cuando estén fuera del área de inundación. Si hay una estructura sólida, puede moverse a un tercer piso o más alto.

La primera tarea del Programa de Tsunami Ready es la preparación de mapas de inundación para el archipiélago de Puerto Rico. Para la preparación de los mapas de inundación se realizó un estudio detallado de todas las fallas potenciales que existen en las cercanías de Puerto Rico y las Islas Vírgenes Americanas que pueden causar deformación del fondo marino.

Se utilizaron bases de datos de batimetría, magnetismo, gravedad, sismicidad y despliegues de líneas sísmicas. Estas fallas pueden tener potencial de generar tsunamis. Se analizaron un total de 504 fallas. Para cada una de ellas se determinó su máximo potencial de acumulación de energía y por ende el tamaño máximo del evento que puede ser generado, en base de las dimensiones de la fractura y el tipo de deformación existente en la región.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Los mapas de inundación y desalojo están diseñados para ayudar a las comunidades que se encuentran en áreas costeras a identificar y reducir su vulnerabilidad ante el efecto de inundaciones causadas por un tsunami. Esto se logra ayudando a los oficiales de Manejo de Emergencias y líderes de la comunidad a fortalecer sus planes de emergencia mediante la preparación de un programa integrado de respuesta ante un evento tsunamigénico y educando a la comunidad expuesta. El Servicio Nacional de Meteorología, la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) y las agencias de Manejo de Emergencia están trabajando con los municipios para que cumplan con los requisitos del programa y de esta forma todos los pueblos costeros tengan su mapa de desalojo y los planes necesarios para convirtiéndose en Tsunami Ready.

El objetivo del programa de tsunami de la Red Sísmica de Puerto Rico es salvar vidas y minimizar daños a propiedad. Las dos agencias que proveen información de alertas para Puerto Rico e Islas Vírgenes son: el Centro de Tsunami de Alaska a nivel Federal y la Red Sísmica de Puerto Rico a nivel local. Las alertas de tsunami serán entregadas a los puntos focales: que son la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencia (PRSEMA) y la Oficina del Servicio Nacional de Meteorología, Oficina de Pronósticos de San Juan. Estos últimos son los encargados en diseminar y activar los planes de tsunami en caso de ser necesario. Existen cuatro niveles de alerta de tsunamis. Estos son los siguientes:

- **Boletín Informativo:** Este es un mensaje informativo relacionado a la ocurrencia de un evento sísmico sin potencial tsunamigénico. Debe permanecer tranquilo, ya que no hay peligro de tsunami para Puerto Rico.
- **Advertencia:** Este es el segundo nivel más alto de alerta de emergencia, se emite cuando hay un peligro potencial por un tsunami que puede producir corrientes fuertes u oleaje peligroso. Se recomienda salir del agua y de la playa. La advertencia puede convertirse en un aviso o puede ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Debe permanecer pendiente para más información y seguir las instrucciones de manejo de emergencia.
- **Vigilancia:** Este es el tercer nivel más alto de alerta de emergencia, se emite cuando ha ocurrido un evento que más tarde pueda afectar la zona costera. La vigilancia puede convertirse en una advertencia, aviso o ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Debe permanecer pendiente para más información y seguir las instrucciones de manejo de emergencia.
- **Aviso:** Este es el nivel más alto de alerta de emergencia, se emite cuando hay un peligro inminente de inundación de la costa por tsunami. El aviso se puede extender por varias horas después de la llegada de la primera ola. Se recomienda desalojar la zona inundable, moverse a tierras altas y seguir las instrucciones de emergencia.

Análisis de los Peligros de Tsunami para el Municipio Autónomo de Cabo Rojo

Un Plan de Aviso y Evacuación por Tsunami fue preparado por la OMMEAD del Municipio y contiene información crítica para atender la emergencia por tsunami como un punto de aviso primario, ubicado en el Cuartel de la Policía Municipal ya que opera 24 horas. El Municipio Autónomo de Cabo Rojo está en una zona de alta incidencia de movimientos sísmicos y tsunamis. Los tsunamis son olas enormes con longitudes de onda de hasta 100 kilómetros y que viajan a velocidades de hasta 800 Km/h. En alta mar la ola es pequeña pero cuando llega a la costa pueden alcanzar alturas mayores a 30 pies. El Programa de

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Alerta y Mitigación de Tsunamis en Puerto Rico ha delimitado el área de inundación por terremotos locales, el cual sirve como guía para los planificadores. Dadas las proporciones de esa área delimitada en la costa oeste del Municipio Autónomo de Cabo Rojo hemos identificado que 2,400 personas viven en la zona de peligro

Tabla 4.11: Vulnerabilidad del Municipio en caso de Tsunami

Indicador	Totales no ponderados por proporción del área en zona de inundación	Totales ponderados por proporción del área en zona de inundación
Población total (2000)	6,765	2,400
Niños menores de 5 años (2000)	535	184
Adultos de 65 años o más (2000)	735	256
Viviendas con madres solteras como jefa de familia (2000)	163	55
Mediana de ingreso (2000)	\$17,743	\$17,743
Vivienda total (2000)	5,773	2,358
Viviendas alquiladas (2000)	560	252
Viviendas recreativas (2000)	2,647	1,175
Total de estructuras CRIM (1996)	NA	1,627

*Fuentes: Negociado del Censo de los EU, Censo 2010; CRIM, 1996 y JPPR, 2006

Un tsunami puede alcanzar la costa del Municipio Autónomo de Cabo Rojo. Estos generarán un aumento en el nivel de agua del océano afectando las zonas costeras. Considerando este nivel de amenaza tan serio, todos los residentes, a lo largo de la zona de peligro de un tsunami necesitarán desalojar el área a 8 puntos de asamblea designados, estos aparecen designados en el mapa de desalojo. Las personas cercanas a la playa necesitarían desalojar el área hasta las zonas seguras. En algunas localidades una opción de desalojo sería relocalizándose a un lugar más alto en su edificio, por lo menos un tercer piso si está disponible. Detalles adicionales sobre los procedimientos de preparación, lugares de asamblea, aviso y respuestas son incluidos en el Plan de Respuesta de Emergencias para Tsunami del Municipio.

En la región de Boquerón y Combate el turismo es un factor de importancia y resulta en una población flotante que excede grandemente el tamaño de la población residente. Ambos sectores cuentan con habitaciones de hotel, paradores u hospedajes. La Unidad Marítima de la Policía de Puerto Rico estima que durante un fin de semana largo puede haber más de 20 embarcaciones e indican que no existe un estudio detallado de la cantidad total. Una investigación preliminar realizada en el 2003 por el Programa de Alerta y Mitigación de Tsunamis de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez basada en modelos de computadora, evaluó el peor escenario para PR-VI y validó el evento de tsunami del 1918 demostrando que un tsunami puede afectar las costas del Municipio.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

La necesidad de desalojar las áreas que van a ser afectadas por el tsunami es inminente ya que son áreas costeras y la ola podría alcanzar sectores de Boquerón, Puerto Real y Combate. El mapa con las áreas expuestas al riesgo de Tsunami se encuentra en el Apéndice 2.

En caso de un tsunami el Municipio cuenta con operaciones 24 horas para diseminar cualquiera de los 4 tipos de alerta y activar las alarmas establecidas en las costas, entre otras actividades de mitigación que serán discutidas en el Capítulo 5.

DESLIZAMIENTOS (DERRUMBES) DE TERRENO

Un deslizamiento de terrenos (derrumbe) es el movimiento perceptible hacia debajo de una masa de tierra y suelo que compone una montaña. El movimiento puede ocurrir por influencia únicamente de la gravedad (caídas) o por la influencia de ésta en combinación con el agua (deslizamientos o flujo). Las características más importantes de los derrumbes son:

- La gravedad siendo la fuerza envuelta más importante.
- Movimiento rápido y/o moderadamente perceptible.
- Los bordes o límites pueden ser fácilmente reconocidos.
- El movimiento del terreno será hacia abajo y hacia el lado libre de la montaña.

Los derrumbes son el proceso de cambio más importante en el relieve de muchas zonas de Puerto Rico. El clima, la geología, la vegetación, la forma del terreno, las actividades agrícolas, la construcción, los cortes a las montañas, la erosión, la lluvia y otros son algunos de los factores que provocan o influyen en la formación de un derrumbe. El DRNA estima que los costos de los derrumbes en Puerto Rico pueden alcanzar \$20,000,000.00 anuales (Moya, 1992). Entre las causas que los provocan se encuentran:

- Tipo de Roca - Factor determinante en el origen y comportamiento de un derrumbe. No todas las rocas en Puerto Rico son iguales, aunque puede ser difícil conocer el tipo de roca si se pueden identificar ciertas características para que sea suficiente realizar una evaluación general.
- Pendiente del terreno - La inclinación o pendiente de una ladera es vital para reconocer el grado de estabilidad. La pendiente en combinación con el tipo de roca determinarán en gran medida las características de un derrumbe.
- El agua - La saturación del terreno por el agua determina considerablemente el grado de inestabilidad de una ladera. El agua ya sea en forma de lluvia, manantiales, quebradas, canales, ríos, sistemas de drenaje, pozos sépticos y otros facilitará la formación de derrumbes ya que se debilita la unión entre las partículas que componen a un suelo o roca.
- Erosión - Durante períodos de lluvia prolongados el caudal de las quebradas y los ríos aumenta, al igual que su velocidad. Si el suelo en ese momento se encuentra desprovisto de vegetación o si el agua tiene suficiente velocidad para producir erosión, entonces en el terreno se originan una serie de cambios topográficos asociados a dicha erosión que pueden ser el comienzo de un derrumbe.
- Depresiones - Los derrumbes siempre dejan evidencia en el terreno ya sea con el material que cayó desde otro sitio o con el material que se fue del lugar. Algunos derrumbes dejan amplias depresiones en el terreno, también llamadas cicatrices, que son las indicadoras que en el pasado esa depresión estaba compuesta de suelo o tierra.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

- Actividades Humanas - Las condiciones que mantiene estables una montaña se ven modificadas substancialmente por alguna actividad o construcción, entonces se propicia la formación de un derrumbe. Entre las actividades se pueden mencionar:
 - Cortes muy verticales
 - Sobrecargas o sobrepeso
 - Pozos sépticos filtrando como los pozo-muro
 - Tanques soterrados o cisternas con fuga (filtraciones)
 - Canales de drenaje mal diseñados o mal construidos
 - Vibraciones de maquinaria, tráfico o explosiones
 - Peso excesivo por la acumulación de relleno o estructuras construidas sobre el tope de un talud
 - Actividades agrícolas
 - Rellenos mal compactado o compactados con materiales inapropiados.

Terremotos - Las vibraciones y sacudidas que están asociadas a un terremoto pueden ayudar a provocar que los materiales de una montaña que no estén constituidos de forma sólida se suelten y que un derrumbe pueda ocurrir. El DRNA ha establecido que hay datos históricos de grandes derrumbes catastróficos que han sido generados por terremotos, estos daños pueden ocurrir en cualquier tipo de terreno y sobre cualquier pendiente, todo dependerá de que tan suelto se encuentre el terreno al momento del terremoto (Moya, 1992).

Los deslizamientos se consideran parte de un proceso geológico continuo en el que las formaciones rocosas son erosionadas con el paso del tiempo, lo que provoca mayor debilidad de los materiales. En Puerto Rico, la topografía accidentada y los suelos de grano fino son condiciones que lo hacen susceptible a deslizamientos. Muchos de los deslizamientos ocurren a lo largo de cortes o rellenos de carreteras y se producen con variaciones en tamaño que van desde desprendimientos pequeños de rocas y suelo de unas pocas yardas cúbicas hasta eventos de deslizamientos de laderas de montañas completas de cientos pies de largo.

Los deslizamientos ocurren más comúnmente en áreas de montañas escarpadas durante períodos de lluvia intensa. La lluvia saturación el suelo y provoca que el drenaje natural pierda su capacidad estructural y falle. Bajo la categoría general de deslizamientos se incluyen varios tipos de movimientos de masa de tierra como son:

- Grietas – movimiento lento y constante de tierra o roca pendiente abajo, a menudo identificado por troncos de árbol encorvados, cercas o muros de contención inclinados, postes inclinados o verjas.
- Caída de escombros – un movimiento de masa rápido en que la tierra suelta y rocas unidas a la materia orgánica se combina con aire y agua para formar un fango que fluye pendiente abajo o barranco abajo.
- Alud de escombros – una variedad de caída rápida extrema de escombros.
- Fango – el rápido desplazamiento del terreno húmedo, que contiene por lo menos 50% de partículas de tamaño de arena, cieno y arcilla.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Dependiendo de la magnitud de los deslizamientos, los daños pueden ser muy serios, pudiendo quedar enterrado todo el sistema y la comunidad como fue el caso del deslizamiento de Mameyes. La magnitud del impacto de los deslizamientos depende principalmente del volumen de la masa en movimiento y de la velocidad de la misma, pero también de la extensión de la zona inestable y de la disgregación de la masa en movimiento.

Susceptibilidad de Deslizamientos en Cabo Rojo

En el Apéndice 2, se incluye un mapa donde se muestran las áreas susceptibles a deslizamientos en Puerto Rico y se puede observar la categorización de Cabo Rojo. Lo reflejado en dicho mapa es una proyección estimada a la visión general de toda la Isla de Puerto Rico, pero padece de las realidades específicas dentro de las jurisdicciones municipales, como son las particulares correspondientes a Cabo Rojo. El Municipio es de susceptibilidad moderada a deslizamientos en los sectores montañosos de los siguientes barrios:

- Guanajibo
- Pedernales
- Llanos Tuna
- Llanos Costa
- Monte Grande

Para poder tomar acción a través de la creación de un plan integral para resolver los problemas de deslizamientos en Cabo Rojo, es necesario un estudio detallado de estas áreas inadecuadas. Los estudios preparados hasta el momento son muy generales y no presentan información específica acerca de esas áreas, aunque en el Municipio el riesgo es muy alto en la Sierra Bermeja y el área montañosa del Barrio Pedernales.

Es necesario preparar un estudio técnico, como el preparado para el *Municipio de Comerío*, por el US Geological Survey, Open File Report 98-566, Larsen and Parks, el cual midió, entre otros factores, el flujo de escombros (debris flow) y el grado de las pendientes en varios sectores y barrios con el propósito de medir el tipo de derrumbe o deslizamiento, y cómo podían controlarse para evitar pérdida de vida y propiedad a las comunidades afectadas.

SEQUIÁS

Sequía es muy poca agua para mucha gente y se convierte en un desastre cuando la comunidad amenazada no puede obtener agua que requiere para su propio consumo, la agricultura, manufactura o servicios. La escasez de agua puede deberse a poca o ninguna lluvia o a la acción del hombre sobre el terreno removiendo la vegetación y el sistema de suelos que absorbe y almacena el agua. También, ocurre por la ausencia de lluvia y que no existan opciones para captar el agua, transportarla y utilizarla de fuentes alternas como las quebradas, los ríos y aguas subterráneas. Al igual que otros desastres de evolución lenta, es frecuentemente subestimada, debido a la dificultad que se presenta en su definición y en la separación de una temporada típica de escasez de agua y una manifestación extrema.

La sequía es un rasgo recurrente del clima, ocurre en casi todas las zonas climáticas, y sus características varían significativamente entre regiones. La sequía difiere de la aridez ya que es temporal; la aridez es una

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

característica permanente de regiones con baja lluvia. Es el desastre natural que tiene mayor impacto económico afectando una mayor cantidad de personas ya que actúa sobre grandes extensiones geográficas (países enteros o regiones continentales). La duración de uno hasta varios años. En todos los casos provocan un impacto directo sobre la producción alimenticia y la economía en general.

Los países situados en la cuenca del Mar Caribe y en el Golfo de México constituyen áreas de interés climatológico especial dentro de la zona tropical, debido a que en ellas se produce la influencia estacional de masas de aire de tipo continental en invierno y oceánica en verano, dando lugar a una interacción que determina los períodos lluviosos (mayo - octubre) y secos (noviembre - abril).

La sequía se produce cuando llueve en un lugar menos de lo habitual para el clima de esa zona y esta escasez de precipitación se prolonga durante un largo período (meses). Es, por tanto, un concepto relativo. En el sur del Reino Unido, una precipitación anual de 15 pulgadas se considera una sequía grave, mientras que, en el desierto del Sahara, ese nivel de lluvia es el doble de lo que cae habitualmente. Puede ocurrir en cualquier lugar, pero las zonas con lluvias estacionales son las que están más expuestas a sufrirla. Las sequías se ven agravadas por el aumento del consumo de agua y para atenuar sus efectos se construyen embalses.

Algunas de las variables que más se utilizan para evaluar la sequía, sola o combinadas son: precipitación, temperatura del aire, humedad del aire, evaporación en superficies libres, evapotranspiración, humedad del suelo, viento y escorrentía.

Las sequías prolongadas pueden provocar la desertización de una región, es decir, la degradación de la calidad de la cobertura vegetal y del suelo. Aunque los terremotos y ciclones presentan generalmente una gran intensidad física, duración corta, ocasionan frecuentemente un número de muertes muy elevado y afectan áreas densamente pobladas; debe tenerse en cuenta que su impacto geográfico es limitado.

Causas de las Sequías

Las causas de las sequías son variadas entre ellas se encuentran:

- Meteorológicas: Se relaciona con los dos parámetros fundamentales que regulan la precipitación:
 1. Características de la masa de aire
 2. Circulación de la atmósfera.
- Ubicación geográfica: Es un factor determinante en la ocurrencia de diferentes tipos de sequía. Entre estos factores se encuentran la latitud, la posición de los centros de alta presión y las corrientes oceánicas.
- Orográficas: El relieve de la zona: es responsable de muchas sequías estacionales y aperiódicas.
- Antropogénicas: Es producido por el hombre como resultado del mal uso y manejo de la tierra, la erosión provocada por cultivos no apropiados o al pastoreo de animales. Este factor no es una causa directa de la sequía; sin embargo contribuye a acentuar la deficiencia de agua.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para contrarrestar los efectos de la sequía es necesario, entre otros aspectos, profundizar en los conocimientos sobre el impacto de este fenómeno climatológico no solo desde el punto de vista del manejo de los efectos; también en el desarrollo de un Plan de Manejo del Riesgo de las Sequías, a través del cual se definan las estrategias de prevención, mitigación y manejo del desastre.

Las Sequías en Puerto Rico

El clima de Puerto Rico es variable a través del año, disminuyendo la lluvia significativamente durante los meses de diciembre a abril. Estos periodos de poca lluvia son más frecuentes en la Región Sur debido al efecto ocasionado por las laderas del sur. Cambios en el clima regional limita la lluvia en los meses de abril y mayo, extendiéndose el período hasta agosto.

Además, de estas sequías anuales (DRNA, 2004), Puerto Rico sufre de sequías generales periódicas causadas por efectos climáticos regionales que afectan el clima en toda la Isla y el Caribe. Las sequías de 1934 y 1974, son representativas de estas condiciones generales de poca lluvia en la Isla y en el Caribe. La sequía de 1967, afectó principalmente la Región Sur de la Isla, mientras que la ocurrida en el 1994, fue principalmente en la Región Norte.

Datos del Servicio Natural de Meteorología establecen que la sequía más severa conocida fue la ocurrida en el 1964, que se extendió hasta el 1967. La lluvia disminuyó aproximadamente un 30% del promedio anual, lo que representó un déficit de aproximadamente 40 pulgadas en 2 años. Un evento similar en tiempos modernos sería catastrófico en la Isla debido al aumento en el uso del agua, particularmente en la Zona Metropolitana de San Juan y los lugares a través de la Isla donde han ocurrido los desarrollos tales como las principales ciudades y pueblos con población flotante considerable como Cabo Rojo.

Las sequías pueden ser regionales debido a las diferencias orográficas entre las cuencas. Por ejemplo, la sequía del 1998, afectó severamente la cuenca del Río Guajataca, mientras que la lluvia era abundante en otras áreas de la región central de la Isla. La cuenca del Río de la Plata y Río Grande de Loíza sufrió una sequía de varios meses a principios del 2003, mientras que cuencas adyacentes disfrutaban de lluvias normales.

El efecto que producen las sequías en la actividad económica de Puerto Rico es variable y complejo. La sequía del 1994, causó pérdidas millonarias a la economía de aproximadamente \$300 millones, de los cuales \$165 fueron en la agricultura (DRNA, 2004). También, experimentaron pérdidas sustanciales la manufactura, construcción, minería, la transportación, el comercio, finanzas, los seguros, los servicios y el Gobierno.

Los recursos de agua en la Isla son también abundantes aún durante sequías extremas. Datos históricos establecen que el año de menor lluvia en la Isla en el siglo XX fue en el 1994, con un promedio de 43.2 pulgadas, equivalente al 63% menos de la lluvia promedio anual. A pesar de esto, para los años 1993 - 1994, Puerto Rico enfrentó un periodo de sequía producto de un "problema" con los embalses de agua. En esa ocasión, las autoridades tomaron la decisión de implantar un racionamiento que afectó a 29 de los 78 municipios y más de la mitad de la población, aproximadamente 1,900,000 personas. Según la versión oficial anunciada en los periódicos, la sequía se debió a la falta de lluvia en la cuenca de los ríos que alimentan los dos embalses principales, Carraízo y La Plata, que suministran agua al área metropolitana de San Juan.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evapotranspiración es el conjunto de evaporación y transpiración debido a la acción biológica de las plantas. Pérdida de agua en forma de vapor de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera.

Los embalses en la Isla proveen almacenamiento para suplir la mayor parte del agua necesaria durante una sequía de entre 60 a 90 días, normalmente acumulando el agua previa a que se reduzca la lluvia. Si las extracciones de agua durante una sequía se mantienen iguales a las del 2002 (estimadas en 702 mgd, o 0.79 millones de acres-pies por año), los recursos de agua continúan siendo adecuados para las necesidades actuales y futuras de la Isla aún durante sequías. Los embalses juegan un papel crucial en este escenario. Otras sequías más conocidas y documentadas ocurridas en Puerto Rico son las siguientes:

- 1947 - Daños menores a la agricultura a través de toda la Isla. Racionamiento de agua en zona metropolitana de San Juan, se pospone la apertura del semestre escolar, algunas industrias cierran.
- 1951 - La sequía causa \$4 millones en pérdidas al sector azucarero, también se ven afectadas las siembras de tabaco, hortalizas y frutos menores. Daños a través de toda la Isla pero se concentran en Caguas y San Lorenzo. No se afecta el acceso al agua potable de la AAA.
- 1957 - Daños considerables en el sector cañero y la ganadería; fuegos en fincas de caña, pastos y bosques. Reducción en la generación de energía hidroeléctrica. Racionamiento de agua en Cidra, Caguas, Corozal y otros pueblos. Se pierde más de la mitad de la producción agrícola de Corozal.
- 1964 - 65 - Mermas significativas en los niveles de los lagos. Se reduce seriamente el nivel de agua en otros. Racionamientos en la Zona Metropolitana. Algunas industrias son afectadas fuertemente. Presidente Lyndon Johnson declara zona de desastre a 23 municipios de la Isla y autoriza ayuda de emergencia que incluye 80,000 quintales de alimento para ganado para salvar 75,000 reses. Millones de dólares en daños a la agricultura. Se extiende al 1965 con menor intensidad.
- 1966 - 68 - Sequía afecta al suroeste desde fines de 1966 y se extiende hacia el resto de la Isla. En 1967 el Gobernador Sánchez Vilella declara zona de desastre a 15 Municipios ya ha asignado \$4 millones de dólares del fondo de emergencia. Daños en la agricultura son de \$20 millones en el 1967. Nivel del Lago Carraízo desciende marcadamente. Se raciona el agua en el área metropolitana. El Departamento de Agricultura de EE.UU. facilita el acceso a programas de préstamos agrícolas a los agricultores afectados a través de toda la Isla.
- 1971 - 74 - Sequía regional a través de toda la Isla. Considerada como una de las más severas desde que se comenzó a medir el caudal de los ríos de acuerdo a las mermas en caudal, duración y efectos en los municipios. La sequía termina con una Declaración Presidencial de Desastre por inundaciones el 30 de noviembre de 1974 (DR-455).
- 1976 - 77 - Sequía de intensidad moderada que se extendió desde abril de 1976 hasta octubre de 1977. Racionamientos en el área metropolitana de San Juan exceptuando Bayamón y Guaynabo.

Existen varias razones fundamentales para que haya escasez de aguas en Puerto Rico y sus islas limítrofes durante sequías moderadas en varias de las cuencas y áreas de servicio de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), estas son:

- La falta de almacenaje adecuado en las cuencas para capturar una porción mayor de la escorrentía y utilizarla durante sequías. Los embalses en la mayor parte de las cuencas en la Isla son relativamente pequeños al tomar en cuenta la escorrentía anual disponible.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

- La capacidad de las plantas de filtración en algunas regiones es menor a la necesidad de producción de agua. Para satisfacer esta necesidad se excede la capacidad de producción de la planta. Esto obliga a que se limpien los filtros con mayor frecuencia, por lo que aumenta la cantidad de agua que se devuelve al cuerpo receptor. El agua devuelta se considera parte de las pérdidas en el proceso de producción ocasionando que la producción neta sea menor.

Sequías en Cabo Rojo

En el 1967 hubo una sequía que afectó principalmente la Región Sur de la Isla. Datos del NWS establecen que la sequía más severa conocida fue la ocurrida en el 1964, que se extendió hasta el 1967. La lluvia disminuyó aproximadamente un 30% del promedio anual, lo que representó un déficit de aproximadamente 40 pulgadas en 2 años. No ha sido provista información relacionada a daños ocurridos ni los efectos en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo por parte de las agencias de gobierno ni como se afectaron los abastos de agua. En Cabo Rojo ocurren incendios asociados a tiempo seco que son incluidos en la sección de incendios de pastos y forestales donde se establece el daño asociado.

La población del Municipio es vulnerable a los efectos de las sequías prolongadas que impacten el área sur y/u oeste de Puerto Rico. Todo el Municipio y su infraestructura agrícola, industrial, comercial, recreativa y de servicios se puede ver afectado por las sequías debido a los cortes de agua y el cierre de facilidades como escuelas, oficinas de gobierno y servicios de todo tipo. No se pudo estimar los daños económicos por no haber información que sirva de base para determinar las pérdidas, por lo que la magnitud de los daños potenciales en Cabo Rojo fue estimada cualitativamente (categoría de moderado) para efectos del análisis comparativo de las pérdidas causadas por los distintos peligros naturales. En las actividades de mitigación se han establecido estrategias enfocadas en reducir el riesgo del impacto de las sequías en el Municipio.

A largo plazo el problema que presentan las sequías será potencialmente mayor debido al efecto del cambio climático y el calentamiento global en los patrones de lluvia. Uno de los escenarios que se perfila durante las próximas décadas es un incremento en la variabilidad del clima. Esto significa que cuando ocurran sequías éstas podrían ser más intensas y prolongadas, así como mayores en términos de extensión geográfica que las experimentadas anteriormente.

Otro factor a considerar es que en Cabo Rojo y las áreas circundantes el consumo de agua continúa incrementando. Esto significa que los efectos de una sequía en lo que respecta al racionamiento de agua se verán mucho antes de lo que ocurría anteriormente porque también la demanda está incrementando en todo el área.

Durante las sequías una fuente alterna del líquido son las aguas subterráneas. Sin embargo, este valioso recurso es altamente vulnerable a la contaminación debido a la naturaleza permeable de la roca caliza del área y la falta de prácticas adecuadas de manejo y disposición de aguas usadas. A medida que se aprueban proyectos que disponen de las aguas usadas a través de sumideros, así como el uso de pozos sépticos, el potencial de contaminación incrementa ocasionando que en caso de sequía el uso de aguas subterráneas se ve grandemente limitado. Otro factor que reduce la disponibilidad de agua subterránea como fuente alterna en caso de sequía es la impermeabilización de la superficie de los suelos y el relleno de las bocas de los sumideros. En muchos casos estas acciones incrementan las escorrentías superficiales y reducen la recarga natural del acuífero.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

El periodo de lluvia es de agosto a noviembre y la temporada de sequía es de diciembre a abril. En este periodo la precipitación es de solo 10% del promedio anual. La falta de precipitación pluvial, altas temperaturas, suelos con poca acumulación de material orgánico y la ausencia de ríos permanentes hace de este ecosistema un lugar inhóspito. Por lo que la comunidad natural posee unas adaptaciones muy especiales para poder sobrevivir en condiciones tan adversas.

EROSIÓN COSTERA

La erosión es el proceso físico o químico mediante el cual el viento, la lluvia y la escorrentía remueven partículas de suelo. Es un proceso natural que se produce cuando el material terrestre (sea sedimento o rocas) es removido o echado afuera, de la capa costera. La misma es causada por las fuertes olas, intensas corrientes así como el derretimiento del hielo que actúan en su proceso natural. Es acelerada a su vez por la intervención o actividad humana, representando un peligro o amenaza para las propiedades costaneras. Cuando esto ocurre en la conexión entre las áreas de tierra y sus puntos de contacto con el mar, se conoce como Erosión Costera. La erosión costera es un proceso normal dentro de un marco geológico. Teóricamente debe existir un equilibrio entre las fuerzas que erosionan y las fuerzas que depositan materiales en las costas, basado en los procesos geológicos y oceanográficos que actúan en las costas. Este balance puede ser alterado debido a fuerzas tanto naturales así como antropogénicas. Entre las fuerzas naturales directamente relacionadas con la erosión costera encontramos:

- Huracanes - El peligro costero provocado por un huracán es básicamente debido a la fuerza de sus vientos, y a la marejada ciclónica que lo acompaña. Para que las olas sean una amenaza a la costa, el fenómeno tiene que hacer literalmente contacto con tierra. Los huracanes pueden causar erosión significativa de las costas y pérdida permanente de tierra, cambiando así el contorno de la costa.
- Tsunami - En nuestra Isla existe la posibilidad de tsunamis tanto por los terremotos como a deslizamientos de terreno en el lecho marino. En el año 2000 se implementó en Puerto Rico un programa de Alerta y Mitigación ante Tsunamis, conocido por "The Puerto Rico Tsunami Warning and Mitigation Program (PRTWMP)", en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, bajo el programa "Sea Grant". Los niveles de inundación de estos eventos dentro del Municipio Autónomo de Cabo Rojo fueron revisados y utilizados como parte del Programa Tsunami Ready de Cabo Rojo.
- Inundaciones - Los niveles de inundación más conocidos en Puerto Rico, son los relacionados con la lluvia de cien años y están representados en los "Flood Insurance Rate Maps" (FIRM) preparados por la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias "FEMA". Los FIRMs están hechos en base de la inundación por marejada ciclónica que tiene 1% de probabilidad de ser igualada o excedida en cualquier año en particular. Esto es lo que se conoce como la Inundación Base con un período de recurrencia de 100 años. Los niveles de inundación establecidos pueden aumentar debido a los cambios climáticos actuales y esperados.
- Aumento en Nivel del Mar debido al Cambio Climático - Puerto Rico está más expuesto que otros lugares del planeta a los cambios climáticos que ya están sucediendo. No tan solo el nivel del mar alrededor de Puerto Rico está aumentando, sino que también se está acelerando. Como consecuencia se evidencia un aumento en la erosión de costas, lo cual a su vez conllevará con el

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

pasar del tiempo que las inundaciones costeras penetren tierra adentro. La interacción entre la descarga de los ríos y el mar se moverá tierra adentro, ocasionando mayores alturas relativas a las elevaciones del terreno aledaño. Las barreras naturales de arrecifes y manglares continuarán degradándose, lo que agravará la situación. Otros impactos serán un aumento en las intrusiones salinas en los acuíferos costeros.

Entre las fuerzas antropogénicas directamente relacionadas con la erosión costera, se encuentran:

- La explotación minera de la arena, eliminando los sedimentos del sistema costero, provocando erosión, pérdida de dunas y playas.
- La alteración del paisaje natural para llevar a cabo desarrollos, la construcción de carreteras, o actividades relacionadas con la agricultura, causan aumento de depósito de sedimento y contaminación en las aguas costeras, lo que provoca impactos adversos en los arrecifes de coral. Los arrecifes protegen las playas contra la acción de las olas y por ende de la erosión que es a su vez una fuente importante de arena en la playa.
- Los sistemas de represas construidos reducen el influjo natural de arena que llega al mar desde las desembocaduras de los ríos.
- Las construcciones cercanas al mar elimina espacio a la arena de la costa ocasionando que el mar se sigue acercando, acelerando la erosión
- El uso indebido de la zona marítimo-terrestre debido a construcciones en las costas ocasionando que las playas desaparezcan.

Entre los daños Producidos por la Erosión Costera se encuentran:

- Contaminación y degradación ambiental - Pérdidas de beneficios ambientales, de los sistemas que se encuentran en ellas tales como manglares, arrecifes de corales, etc. Siendo barreras naturales que protegen las costas del impacto de las olas y por ende de la erosión.
- Pérdidas de costa y playas - Pérdidas de beneficios económicos de las playas.

El USGS ("U.S. Geological Survey"), en coordinación con agencias federales y estatales, constantemente monitorea diversos aspectos de la erosión costera en Puerto Rico. El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, que tiene como responsabilidad fundamental la protección de los recursos naturales de Puerto Rico, es la agencia líder para la implantación del Programa de Manejo de la Zona Costanera (PMZC), adoptado el 12 de julio de 1978 dentro de Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico.

Revisando los procesos y las consecuencias de la erosión, encontramos dos (2) tipos de éstas. Las mismas se dividen en las llamadas episódicas y las crónicas. Las primeras son producto del ajuste de fenómenos que afectan la costa y que son de corta duración, como los que resultan del embate de eventos meteorológicos. Este el caso de los provocados por huracanes y tormentas. Por ello, también el NFIP los reconoce al asegurar riesgos y pérdidas. Por otro lado, los llamados crónicos son aquellos que están asociados al lento y gradual proceso a largo plazo de ajustes del nivel del mar, cambios en la sedimentación del mar, así como todos aquellos ajustes asociados al calentamiento global.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Erosión Costera en Cabo Rojo

Un huracán tiene que hacer literalmente contacto con tierra para que las olas sean una amenaza a la costa. Los huracanes pueden causar erosión significativa de las costas y pérdida permanente de tierra, cambiando así el contorno de la costa. La erosión en las playas del Municipio Autónomo de Cabo Rojo puede ser observada a través de la costa.

El centro del huracán Hortense en el 1996 cruzó sobre Guánica y rozó Cabo Rojo sufriendo los efectos de la marejada ciclónica ocasionada por dicho huracán. El centro del huracán Georges pasó cerca de Cabo Rojo, ocasionando también efecto en las costas. El efecto del desemboque de los ríos en las playas también ocasiona daño al área costera debido a la interacción entre la desembocadura y las marejadas, más aún en caso de eventos atmosféricos que ocasionan marea alta tales como huracanes. Entre los daños que causa la erosión costera y que se ha observado en el Municipio se encuentra:

- Pérdidas de beneficios ambientales, de los sistemas que se encuentran en ellas tales como manglares, arrecifes de corales, etc. Siendo barreras naturales que protegen las costas del impacto de las olas y por ende de la erosión.

El Municipio tiene un Acuerdo Colaborativo con el Programa Sea Grant de la UPR-Mayagüez, que le permite acceder y consultar con personal científico adscrito a ese programa con conocimientos en riesgos de la comunidad y los impactos causados por los cambios climáticos. Además, ha firmado otro Acuerdo Colaborativo con el Centro Educativo sobre el Cambio Climático Ambiental (CENNECA) del Programa Sea Grant-UPR Mayagüez, el cual operará desde el Faro Los Morrillos en el Barrio Llanos Costa de Cabo Rojo. Entre los objetivos del proyecto CENNECA está el facilitar la transferencia de información científica relevante al Municipio y la comunidad en general sobre el cambio climático, peligros naturales y elevación de los niveles del mar para proteger nuestra economía y los recursos naturales y que permita construir comunidades e infraestructura más fuertes y seguras.

INCENDIOS DE PASTOS Y FORESTALES

Los incendios forestales y de pastos son parte del ambiente natural como la lluvia, la nieve o el viento (Mutch, 1995). Los incendios forestales y de pastos son inducidos por ocurrencias naturales o de especies que no son originales de árboles, arbustos y pastos. Los incendios constituyen uno de los agentes perturbadores más importantes y activos en los ecosistemas forestales. La topografía, el combustible y el clima son los tres factores principales que impactan el riesgo a incendios. Hay cuatro categorías de incendios forestales clasificados:

- Superficiales - Afecta la vegetación baja (pastizales, matorrales y la base de los árboles). Según los distintos factores ambientales (composición y densidad de la vegetación, orientación e inclinación de la pendiente, velocidad del viento, etc.), los incendios pueden ser más o menos intensos. Suelen liberar menor energía térmica que los incendios que se propagan por lo árboles a través de las copas. El fuego se eleva por las ramas bajas de los árboles hasta alcanzar la copa. Su transmisión sigue siendo superficial debido a que el arbolado es disperso y las copas están demasiado distanciadas entre sí.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

- De Copas - La transmisión tiene lugar a través de las copas de los árboles, los cuales forman una masa bastante densa. La cantidad de calor generado es grande originando su propio sistema de corrientes de aire que tienden a alimentar las llamas y facilitar su propagación, siendo estos los incendios más peligrosos y destructivos.

Causas de los Incendios de Pastos y Forestales

Los incendios pueden catalogarse por su origen, entre estos se encuentran:

- Intencionales - tienen su origen en la utilización deliberada del fuego por parte del hombre.
- Causas desconocidas – también pueden ser intencionados.
- Negligencias –Causados por el hombre.
- Reproducidos - incendios que una vez controlados y prácticamente extinguidos vuelven a reactivarse.
- Generados por rayos - de origen natural

Incendios Intencionales

Los incendios intencionales representan la causa más alarmante y que ocasiona un mayor número de incendios. Entre estos se pueden mencionar:

- Quemadas agrícolas - Se realizan para eliminar los restos de podas o cosechas y facilitar la preparación del suelo para la siembra de la siguiente temporada. No son beneficiosas para el suelo ya que contribuyen a su deterioro. Facilitan la labor de la maquinaria agrícola en la preparación del suelo.
- Quema para obtener pastos - El propósito es que las zonas forestales, cubiertas de matorral o bosque espeso, se transformen en zonas de pasto para así conseguir un mejor pasto para el ganado.
- Ocasionados por Pirómano - Un pirómano es una persona con alguna alteración psíquica, que incendia un monte sin ningún motivo o interés.
- Ahuyentar animales - Su propósito es evitar daños que pueden provocarle ciertos animales al ganado, cosechas y en ocasiones al hombre.
- Otras causas - Venganzas, vandalismo, incendios de masas forestales con el fin de obtener la madera a bajo precio, para la recalificación urbanística de suelos que por su valor natural se mantienen con la calificación de suelo no urbanizable, conseguir la modificación en el uso de suelo (de forestal a agrícola) y discusiones en cuanto a la titularidad de los montes públicos o privados.

Consecuencias de un Incendio de Pastos o Forestal

Un incendio puede generar muchas consecuencias, ocasiona daños ambientales originados por la destrucción de la cubierta vegetal, la muerte o huida de miles de animales, la pérdida de suelo fértil y el avance de la erosión. También, puede resultar en pérdida de vidas humanas y grandes daños a cultivos y viviendas. Las pérdidas económicas y la inversión necesaria para combatir los efectos de los incendios son otras de las consecuencias que deja el paso del fuego, las cuales se pueden agrupar en:

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

- **Ambientales** - Los efectos negativos del fuego sobre los ecosistemas forestales son variados, su importancia crece con la frecuencia de los incendios ocurridos en una misma zona. Destrucción de la masa vegetal, desaparición de ecosistemas, pérdida y/o emigración de fauna, procesos erosivos, alteración del ciclo hídrico, aumento de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y desertificación. Si no transcurre el tiempo necesario para que el bosque se recupere de modo natural, se produce una degradación progresiva del mismo y con él, de los suelos sobre los que se desarrolla.
- **Impacto Paisajístico** - El efecto más visible como resultado de un incendio forestal es la pérdida del paisaje debido a la destrucción de la cubierta vegetal y un retroceso hacia el pasado.
- **Efecto sobre la Fauna** - El efecto inmediato es la muerte de aquellos animales que no pueden escapar del fuego, como invertebrados, vertebrados menores, crías con poca movilidad, así como grandes herbívoros y carnívoros atrapados entre el fuego y las verjas. Otra consecuencia es la migración debido a la desaparición de pastos y hábitats, al igual que la pérdida de especies en peligro de extinción por haber sido afectado su medioambiente.
- **Efecto sobre el Suelo** - Como resultado de un incendio se altera la estructura del suelo y aumenta considerablemente el riesgo de degradación, ya que se convierte en más erosionable. Se produce una pérdida importante de materia orgánica del suelo, por la combustión, ocasionando una desestabilización de los agregados y una disgregación progresiva. La materia sólida puede ser eliminada del suelo por la acción erosiva del agua de lluvia o viento. Se forman superficies hidrofóbicas, debido a la formación de sustancias orgánicas repelentes al agua, así como por la modificación de determinados componentes minerales, especialmente minerales amorfos. El suelo no se moja en contacto con el agua, lo que facilita su pérdida por la erosión.
- La pérdida de suelo y materia orgánica puede resultar en un empobrecimiento en nutrientes, perdiendo fertilidad. Muchos organismos mueren por la acción del calor, lo cual supone una disminución de la actividad biológica del suelo. Esto puede afectar adversamente los ciclos bio-geoquímicos de numerosos elementos, los cuales dependen de la biota del suelo. No todo es negativo como resultado de un fuego, cuando se deben a causas naturales ayudan a mantener la salud del bosque gracias a la movilización de nutrientes y a la acción controladora que el fuego ejerce sobre las plagas forestales. Los incendios de baja intensidad contribuyen a mantener carbono en el suelo, impidiendo así su volatilización y pérdida en forma de gas carbónico.
- **Alteración del Ciclo Hídrico y de los Cursos de Agua** - El ciclo hídrico se altera debido a la pérdida del suelo. La infiltración disminuye, minimizando las reservas de aguas subterráneas (acuíferos) de lo que depende buena parte del consumo agrícola y urbano. Se incrementa notablemente la escorrentía, aumentando el efecto erosivo, siendo responsable de las crecidas que se producen después de fuertes lluvias torrenciales, ocasionando arrastre de materiales sólidos.
- **Aumento en las Emisiones de Bióxido de Carbono** - En el proceso de combustión de la materia orgánica, durante un incendio forestal, se desprenden Bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y partículas sólidas en suspensión. Estas emisiones contaminantes producen daños ambientales evidentes, contribuyendo al efecto invernadero y por ende al cambio climático.
- **Consecuencias Sociales** - Los incendios, tienen una importante y negativa repercusión social, el trabajo de extinción es una actividad de riesgo que todos los años ocasiona accidentes mortales. El riesgo del personal que interviene en la extinción es alto, como consecuencia de las condiciones extremas en que se desarrolla el trabajo. Las víctimas de los incendios no sólo se encuentran entre el personal que combate contra incendios, también afectan a personas ajenas a la extinción pero que quedan atrapadas por el fuego. La pérdida de viviendas, agricultura, ganado

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

o de cualquier otra índole, el trastorno psíquico y emocional que se ocasiona a los habitantes de las poblaciones incendiadas son otros de los efectos de los incendios forestales.

- **Consecuencias Económicas** - Hay una serie de implicaciones económicas cuantificables. Después de un incendio, se produce la pérdida de importantes recursos naturales directos e indirectos: madera, leñas, corcho, resinas, frutos, pastos, caza y pesca. Además, desaparecen importantes beneficios ambientales tales como las funciones protectoras de un monte y la pérdida de valores recreativos. Los gastos necesarios para restaurar las zonas afectadas, así como las inversiones en prevención y extinción de incendios requieren una gran inversión económica.

Soluciones para los Incendios Forestales

Se han identificado tratamientos de combustibles que permite disminuir el riesgo de que un incendio forestal se transforme en un peligro. Los incendios de baja intensidad son parte normal de muchos ecosistemas forestales, despejan el matorral, abren espacios para las semillas, y devuelven nutrientes al suelo. Los árboles más grandes normalmente sobreviven estos "incendios de superficie." Si una zona contiene demasiada madera muerta y hojas secas -- esto es, combustible -- el follaje de los árboles puede atrapar fuego y el incendio extenderse a las copas de los árboles, iniciando un "incendio de copa" que, por su alta temperatura, mata todo a su paso.

La limpieza de parte del "combustible" orgánico del área, es uno de los métodos que los bomberos utilizan para prevenir el descontrol de los incendios forestales. Una solución es remover de combustible del área. Hay varias formas de hacerlo, tales como quemas controladas, corte selectivo de árboles, o podar las ramas bajas y el matorral alrededor.

Existen varios programas de computadoras, entre estos se encuentra Weather Information Management Systems (WIMS) utilizados para realizar simulaciones comparando los resultados, sin basarse sólo en sus suposiciones. Se necesitan saber:

- Especie dominante de árbol
- Densidad del follaje
- Variedad de edades
- Último incendio en el área

En el futuro, la unión entre las tecnologías informáticas y los satélites, puede ser una herramienta útil para reducir los riesgos que conllevan los incendios forestales identificando temperaturas y condiciones. Utilizando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, Global Position System) y su integración con Sistemas de Información Geográfica se puede realizar la planimetría de incendios forestales. Esto permitiría, entre otras muchas cosas, determinar:

- Superficies según tipo de vegetación
- Superficies según propiedad y tipos de vegetación
- Superficie afectada de espacios naturales protegidos
- Especies y volúmenes de madera afectados

Tener disponibles Mapas de Riesgos contra Incendios Forestales permitiría conocer cuándo puede ocurrir un incendio forestal y así conocer las acciones a seguir de acuerdo al área a ser afectada.

Riesgo de Incendios de Pastos y Forestales en Cabo Rojo

En los pasados años han ocurrido incendios que han sido documentados por la OMME. Todos los años ocurre incendio de pastos y en el área del Sector Los Morrillos y el Bosque Estatal de Boquerón. El 19 de febrero de 2014, se reportó un incendio en el Sector Los Morrillos cercano al Faro del Cabo Rojo donde se afectó 29.7 cuerdas. De acuerdo al informe preparado por el Sr. Juan E. Casanova Morales, Oficial de Manejo de Bosque de Boquerón, DRNA, la vegetación afectada lo fue del tipo secundaria, colonizada por diferentes especies de Crotoms e islas aisladas por bosque maduro. El daño por cuerda fue estimado en \$45 mil dólares el cuál contabiliza el daño al ecosistema y valor recreacional, cultural y visual, para un total de \$1.35 millones, sin incluir la movilización de personal ni equipos utilizados. La causa del incendio fue identificada como resultado del factor humano.

4.4 IDENTIFICACION DE ESTRUCTURAS VULNERABLES

A continuación se identifican las facilidades municipales consideradas críticas y el riesgo al cual están expuestas según su ubicación dentro del Municipio. Para determinar el inventario de estructuras susceptibles se combinaron datos del Plan anterior y los incluidos en basado en la información provista durante el proceso de actualización del Plan.

En el Análisis de Vulnerabilidad el Comité de Mitigación revisó y discutió en sus reuniones el historial de eventos anteriores. También se utilizó toda la data recopilada en la Vista Pública, la información obtenida en el Plan anterior actualizándola según se ha explicado. También, se ha utilizado información de diferentes sitios en la Internet, la Red Sísmica, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Servicio Nacional de Conservación de Suelos, Oficina de Ordenamiento Territorial, y otros recursos para establecer la vulnerabilidad existente en las áreas identificadas como áreas de riesgos, teniendo de esta manera un cuadro más claro de la exposición del Municipio Autónomo de Cabo Rojo ante su vulnerabilidad. Se ha establecido el riesgo por facilidades públicas basado en la información obtenida como resultado de los análisis de riesgo y se presenta en la tabla 4.11.

El Municipio de Cabo Rojo está expuesto cada año a sufrir daños a consecuencia de los diferentes riesgos identificados en esta actualización del Plan. Las áreas vulnerables en el Municipio Autónomo de Cabo Rojo se presentan en la tabla 4.12.

En la tabla 4.11, se presenta la exposición a riesgo de las facilidades basado en la ubicación del Municipio y la vulnerabilidad del área y se describe a continuación:

- A - Riesgo Alto
- M - Riesgo Moderado
- B - Riesgo Bajo
- N – No está expuesto al riesgo

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.11: Riesgo a los que están expuestas las facilidades críticas

Facilidad	Riesgo Expuesto							
	Huracán	Inundaciones	Terremotos	Sequías	Deslizamiento	Fuegos de Pastos y Forestales	Tsunami	Erosión Costera
Casa Alcaldía	A	A	A	M	B	N	N	N
Cancha Rebekah Colberg	A	B	A	M	B	B	N	N
Manejo Emergencia Municipal	A	B	A	M	B	N	N	N
Escuela Severo E. Colberg	A	B	A	M	B	N	N	N
Centro de Mando (OMME y Policía Municipal)	M	B	A	M	B	N	N	N
Unidad 9 Corozo	A	B	A	M	B	N	A	A
Centro Envejecientes	A	B	A	M	B	N	N	N
Garaje Municipal	A	B	A	M	B	N	N	N
Centro de Convenciones	A	B	A	M	B	B	N	N
Castillo Infantil	A	B	A	M	B	B	N	N
Edificio Vertedero Municipal	A	B	A	M	B	B	N	N
Edificio Estación	A	B	A	M	B	B	A	N
Hospital Metropolitano	A	B	A	M	B	B	N	N
Hogar de Ancianos	A	B	A	M	B	N	N	N
Escuela Mildred Arroyo Cardoza	A	B	A	M	B	N	N	N
Escuela Pedro Fidel Colberg	A	B	A	M	B	B	A	N

Estimado de Pérdidas Potenciales

En la presente revisión se ha actualizado la información relacionada a las pérdidas potenciales que pudiese haber en el Municipio para que fuesen ajustadas a la actualidad. Un ejemplo es que en el Plan anterior aparecían viviendas afectadas en lugares que no han sido clasificados como inundables. Otro ejemplo es en el caso de tsunami que solo ocurre en las costas y se presentaban pérdidas en barrios que no tienen costas.

Esta sección incluye el estimado de pérdidas, el análisis del estimado a la exposición, daños y pérdidas por riesgo. Los resultados fueron presentados al Comité de Mitigación de Riesgos con los impactos potenciales de cada riesgo y una comparación al cuantificar las exposiciones potenciales de cada uno.

Los estimados de pérdidas proporcionadas en esta sección fueron desarrolladas usando los datos disponibles y son el resultado de las metodologías aplicadas para lograr un estimado de los índices de riesgo. Los estimados fueron actualizados según se ha detallado al inicio del presente Capítulo, utilizando la fórmula de equivalencia del pago sencillo (Single Payment Equivalence). Se determinó el valor equivalente actual utilizando el procedimiento descrito al principio del Capítulo.

Los estimados de pérdidas son utilizados para establecer los índices de riesgo asociados a peligros y pérdidas potenciales. Hay incertidumbres asociadas a cualquier metodología de estimado que surgen ya que el conocimiento científico es teórico en lo concerniente a peligros naturales y a sus efectos en el medio ambiente. Las incertidumbres pueden surgir por el uso de aproximaciones que a su vez son necesarias para la realización de un análisis completo.

La metodología de evaluación de riesgo utilizada para esta revisión del Plan se mantuvo igual a la versión anterior. Los análisis de riesgo están basados en una metodología global que incorpora lo siguiente:

- La caracterización de riesgos y comprensión de la naturaleza de los riesgos (por ejemplo, la comprensión de los niveles de terremotos, de las velocidades de los vientos y de las inundaciones).
- La categorización del medio ambiente edificado, la comprensión de la cantidad, distribución y valor de los activos por ejemplo, de las estructuras generales y de las facilidades críticas.
- Análisis de Vulnerabilidad, para la comprensión de las características de los daños y pérdidas en las estructuras identificadas.
- Estimado de daños y pérdidas a estructuras y facilidades críticas.
- Una de las estrategias identificadas presentada en el Capítulo 5, es la siguiente:

- Actividad 7. Identificar estructuras en áreas vulnerables y alto riesgo

Basado en la poca información incluida en el Censo del 2010, se utilizó la data del Censo del 2000 para determinar las pérdidas ocasionadas a las estructuras por riesgo. El Censo de 2010 no incluyó el tipo de estructuras en cada barrio, por lo tanto se actualizó el valor al 2014 (valor al presente) utilizando la fórmula de pago sencillo. Las siguientes tablas son preparadas basada en los riesgos que pueden medirse con efectividad su pérdida e incluyendo los barrios donde realmente ocurren. Las tablas incluyen un promedio asociado a la pérdida esperada de acuerdo al riesgo. El Municipio tiene la Casa Alcaldía que se afecta por las inundaciones de la Quebrada Mendoza. La información de la ubicación de las facilidades municipales y estatales con respecto al riesgo que está expuesto fue realizada en conjunto

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

entre el Comité de Mitigación y la data obtenida del análisis de los riesgos que está expuesto el Municipio. El sistema utilizado para posicionar la forma en que cada riesgo que impactará las facilidades gubernamentales en el Municipio se determinó en el Plan anterior y fue revisado para ser actualizado mediante evaluación del Comité de Mitigación de Riesgos y la identificación de las facilidades en zonas de riesgos.

Todas las facilidades del Municipio están cubiertas por seguros públicos. Las utilidades son jurisdicción estatal, escuelas y hospitales. Por tal razón sólo, se incluye en este inventario y análisis de vulnerabilidad las propiedades de la Administración Municipal. En las áreas vulnerables o en riesgos del Municipio se identificó facilidades municipales críticas como: Cuarteles de Policía, Estaciones de Bomberos, Escuelas, Centro o Asilos de Ancianos, Hospitales y otros. Debemos recordar que el Censo no incluyó datos para poder actualizar información sobre viviendas. La mayor cantidad de daños que ocurren en el Municipio, están en el área de infraestructura, propiedad privada, municipal, estatal y federal, significando esto un gasto alto en la recuperación.

Tabla 4.12: Facilidades y Características de las Estructuras en el Municipio

Facilidad	Número	Riesgos					
		Inundación	Tormenta Tropical / Huracán	Marejada Ciclónica	Vientos Intensos o Tormentas de Vientos	Terremoto	Maremoto
Facilidades de Estructuras							
Residencial	23,182	Alto	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Comercial	2,176	Alto	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Institucional	48	Mediano	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Recreativa	49	Mediano	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Industrial	14	Mediano	Alto	Bajo	Mediano	Alto	Mediano
Municipal	38	Alto	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Facilidades de Infraestructura							
Carreteras Principales	14	Alto	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Puentes	95	Alto	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Alto
Utilidades	12	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Sistema de Comunicación	15	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Facilidades Críticas							
Hospitales	1	Mediano	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Cuarteles de Policía	7	Mediano	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Refugios	3	Mediano	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano
Bomberos	2	Mediano	Alto	Mediano	Mediano	Alto	Mediano

Los análisis de pérdida potencial fueron preparados basados en los eventos pasados de mayor magnitud que han afectado al Municipio tales como el huracán Hortense 1996, el cual afectó al Municipio con inundaciones severas y marejadas ciclónicas y el huracán Georges 1998, con inundaciones, deslizamientos, marejadas ciclónicas y vientos de 95 mph. En los riesgos de terremoto y maremotos los estimados se realizaron en base a la probabilidad que tiene el Municipio de sufrir daños por terremotos y maremotos con **Intensidad VII o más en la Escala Mercalli Modificada**. En las siguientes tablas presentamos los costos estimados de pérdida potencial de las facilidades del Municipio **siendo actualizadas utilizando la fórmula de equivalencia sencilla**.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.13: Pérdida Potencial Estimada en las Facilidades

Facilidades	Inundación	Tormenta Tropical/ Huracán	Marejada Ciclónica	Vientos Intensos o Tormentas de Vientos	Terremoto	Maremoto
Carreteras y Puentes	\$46,391,400	\$68,728,000	\$12,886,500	\$9,450,959	\$163,229,000	\$11,168,300
Daños Manufactura	14,604,700	13,745,600	6,013,700	5,154,600	60,137,000	2,835,030
Agua	4,295,500	6,872,800	4,037,770	2,147,750	19,759,300	7,731,900
Electricidad	12,027,400	20,618,400	6,013,700	9,965,560	25,773,000	6,331,567
Teléfono	4,295,500	11,769,670	4,295,500	4,381,410	12,886,500	5,154,600
Pérdida de Empleo	6,013,700	9,020,550	9,192,370	1,288,650	26,632,100	12,886,500
Medidas de Seguridad	7,731,900	13,316,050	10,910,570	2,577,300	35,480,830	11,254,210
Edificios Públicos	9,450,100	21,907,050	3,951,860	=1.7182*	146,047,000	18,041,100
Facilidades Recreativas	6,872,800	6,013,700	2,147,750	231,957	9,450,100	5,154,600
Propiedades y Viviendas	60,256,808	134,693,566	71,401,712	11,168,300	134,693,904	83,531,695
Pérdida Ingreso por Turismo	13,401,960	31,786,700	16,322,900	2,577,300	42,955,000	26,632,100
Comercios	7,731,900	17,182,000	6,615,070	4,295,500	31,786,700	14,604,700

Las pérdidas potenciales asociadas a las inundaciones se asumió en el Plan anterior que era de acuerdo al tipo de vivienda y los daños probables y no fue cambiado en la presente actualización, al igual que los porcentajes de daños por considerarlos razonables. Se estima que las viviendas de hormigón serán las menos afectadas y las que menos por ciento de daños sufran. Las casas de madera sufrirán daños moderados y las mixtas son las que tienen mayor potencial de sufrir daños. Para propósito de este estimado, se asumió que el 10% de las casas de hormigón, el 30% de las casas mixtas y el 40% de las casas de madera sufrirán daños. La proporción de daños que sufran las estructuras es también función del tipo de construcción. Se estima que los daños a las viviendas de hormigón que se afecta sean hasta un 5% del costo de la vivienda, las construcciones mixtas un 15% y las de madera un 20%. En las próximas tablas se muestra la perdida potencial para inundaciones del Municipio la cual solo fue revisado los costos dado a que el Censo del 2010 no incluyo dicho dato.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.14: Pérdida Potencial por Inundaciones en Viviendas

Tipo de Vivienda	Cantidad de viviendas	Costo de Reemplazo	Por ciento Viviendas afectadas	Por ciento de Daños	Total
Hormigón	25,890	\$153,951	10%	5%	\$11,598,877
Mixta	7,967	\$119,587	30	15	\$24,950,334
Madera	5,974	\$85,223	40	20	\$23,707,596
TOTAL					\$60,256,808

Tabla 4.15: Pérdida Potencial por Inundaciones en Viviendas por Barrios

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Bajura	Bajura	Madera	148	40%	\$1,007,333	\$1,007,333
		Mixta	197	30	\$1,060,136	\$1,060,136
		Hormigón	640	10	\$492,835	\$492,835
Boquerón	Madera Mixta Hormigón	647	40%	20%	\$4,412,832	\$4,412,832
		863	30	15	\$4,644,150	\$4,644,150
		2,805	10	5	\$2,158,966	\$2,158,966
Guanajibo	Madera Mixta Hormigón	275	40%	20%	\$1,874,560	\$1,874,560
		367	30	15	\$1,972,822	\$1,972,822
		1,191	10	5	\$917,124	\$917,124
Llanos Costa	Madera Mixta Hormigón	263	40%	20%	\$1,792,746	\$1,792,746
		351	30	15	\$1,886,719	\$1,886,719
		1,139	10	5	\$877,096	\$877,096
Llanos Tuna	Madera Mixta Hormigón	369	40%	20%	\$2,517,819	\$2,517,819
		492	30	15	\$2,649,803	\$2,649,803
		1,600	10	5	\$1,231,836	\$1,231,836
Miradero	Madera Mixta Hormigón	842	40%	20%	\$5,743,329	\$5,743,329
		1,123	30	15	\$6,044,390	\$6,044,390
		3,650	10	5	\$2,809,908	\$2,809,908
Monte Grande	Madera Mixta Hormigón	388	40%	20%	\$2,642,586	\$2,642,586
		517	30	15	\$2,781,109	\$2,781,109
		1,680	10	5	\$1,292,878	\$1,292,878
Pedernales	Madera Mixta Hormigón	433	40%	20%	\$2,951,433	\$2,951,433
		577	30	15	\$3,106,145	\$3,106,145
		1,876	10	5	\$1,443,980	\$1,443,980
Pueblo	Madera Mixta Hormigón	112	40%	20%	\$764,960	\$764,960
		150	30	15	\$805,057	\$805,057
		486	10	5	\$374,255	\$374,255
Total						\$60,256,808

En caso de un Huracán categoría cuatro (4) las pérdidas potenciales se asumirán de acuerdo al tipo de vivienda y los daños probables. Se estima que las viviendas de hormigón serán las menos afectadas y las que menos por ciento de daños sufran. Las casas mixtas sufrirán daños moderados y las de madera son las que tienen mayor potencial de sufrir daños. Para propósito de este estimado, se asumió que el 15% de las casas de hormigón, el 50% de las casas mixtas y el 50% de las casas de madera sufrirán daños.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

El Comité de Mitigación mantuvo dichos porcentajes considerándolos razonables. La proporción de daños que sufran las estructuras es también función del tipo de construcción. Se estima que los daños a las viviendas de hormigón que se afecta sean hasta un 10% del costo de la vivienda, las construcciones mixtas un 20% y las de madera un 30%. En las próximas tablas se muestra la perdida potencial para huracanes del Municipio de Cabo Rojo la cual solo fue revisado los costos dado a que el Censo del 2010 no incluyo dicho dato.

Tabla 4.16: Pérdida Potencial En Viviendas por Huracanes

Tipo de Vivienda	Cantidad de viviendas	Costo de Reemplazo	Por ciento Viviendas afectadas	Por ciento de Daños	Total
Hormigón	15,068	\$153,951	15%	10%	\$34,796,634
Mixta	4,637	\$119,587	50	20	\$55,445,187
Madera	3,477	\$85,223	50	30	\$44,451,745
TOTAL					\$134,693,566

Tabla 4.17: Pérdida Potencial por Huracanes en Viviendas por Barrios

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Bajura	Madera	148	50%	30%	\$85,223	\$1,888,749
	Mixta	197	50	20	\$119,587	\$2,355,858
	Hormigón	640	15	10	\$153,951	\$1,478,504
Boquerón	Madera	647	50%	30%	\$85,223	\$8,274,061
	Mixta	863	50	20	\$119,587	\$10,320,334
	Hormigón	2,805	15	10	\$153,951	\$6,476,899
Guanajibo	Madera	275	50%	30%	\$85,223	\$3,514,798
	Mixta	367	50	20	\$119,587	\$4,384,049
	Hormigón	1,191	15	10	\$153,951	\$2,751,369
Llanos Costa	Madera	263	50%	30%	\$85,223	\$3,361,397
	Mixta	351	50	20	\$119,587	\$4,192,710
	Hormigón	1,139	15	10	\$153,951	\$2,631,288
Llanos Tuna	Madera	369	50%	30%	\$85,223	\$4,720,913
	Mixta	492	50	20	\$119,587	\$5,888,450
	Hormigón	1,600	15	10	\$153,951	\$3,695,510
Miradero	Madera	842	50%	30%	\$85,223	\$10,768,743
	Mixta	1,123	50	20	\$119,587	\$13,431,980
	Hormigón	3,650	15	10	\$153,951	\$8,429,726

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Monte Grande	Madera	388	50%	30%	\$85,223	\$4,954,849
	Mixta	517	50	20	\$119,587	\$6,180,242
	Hormigón	1,680	15	10	\$153,951	\$3,878,634
Pedernales	Madera	433	50%	30%	\$85,223	\$5,533,937
	Mixta	577	50	20	\$119,587	\$6,902,545
	Hormigón	1,876	15	10	\$153,951	\$4,331,943
Pueblo	Madera	112	50%	30%	\$85,223	\$1,434,298
	Mixta	150	50	20	\$119,587	\$1,789,017
	Hormigón	486	15	10	\$153,951	\$1,122,763
Total						\$134,693,566

Una marejada ciclónica de 25 pies, las pérdidas potenciales se asumirán de acuerdo al tipo de vivienda y los daños probables. Este riesgo afecta directamente a los barrios de: Boquerón, Guanajibo, Llanos Costa, Miradero y Pedernales por su ubicación en la costa. Se estima que las viviendas de hormigón serán las menos afectadas y las que menos por ciento de daños sufran. Las casas mixtas sufrirán daños moderados y las de madera son las que tienen mayor potencial de sufrir daños. Para propósito de este estimado, se asumió que el 10% de las casas de hormigón, el 20% de las casas mixtas y el 30% de las casas de madera sufrirán daños.

La proporción de daños que sufran las estructuras es también función del tipo de construcción. El Comité de Mitigación mantuvo dichos porcentajes considerándolos razonables. Se estima que los daños a las viviendas de hormigón que se afecta sean hasta un 10% del costo de la vivienda, las construcciones mixtas un 30% y las de madera un 50%. En las próximas tablas se muestra la pérdida potencial para Marejadas Ciclónicas del Municipio de Cabo Rojo la cual solo fue revisado los costos dado a que el Censo del 2010 no incluyo dicho dato.

Tabla 4.18: Pérdida Potencial En Viviendas para Marejadas Ciclónicas

Tipo de Vivienda	Cantidad de Viviendas	Costo de Reemplazo	Por ciento Viviendas Afectadas	Por ciento de Daños	Total
Hormigón	2,460	\$153,951	10	10	\$16,412,686
Mixta	3,281	\$119,587	20	30	\$23,541,842
Madera	10,661	\$85,223	30	50	\$31,447,184
TOTAL					\$71,401,712

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.18: Pérdida Potencial por Marejada Ciclónica en Viviendas por Barrios

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Boquerón	Madera	647	30%	50%	\$85,223	\$8,270,865
	Mixta	863	20%	30%	\$119,587	\$6,192,200
	Hormigón	2,805	10%	10%	\$153,951	\$4,318,318
Guanajibo	Madera	275	30%	50%	\$85,223	\$3,515,437
	Mixta	367	20%	30%	\$119,587	\$2,633,300
	Hormigón	1,191	10%	10%	\$153,951	\$1,833,553
Llanos Costa	Madera	263	30%	50%	\$85,223	\$3,362,036
	Mixta	351	20%	30%	\$119,587	\$2,518,496
	Hormigón	1,139	10%	10%	\$153,951	\$1,753,499
Miradero	Madera	842	30%	50%	\$85,223	\$10,763,630
	Mixta	1,123	20%	30%	\$119,587	\$8,057,753
	Hormigón	3,650	10%	10%	\$153,951	\$5,619,201
Pedernales	Madera	433	30%	50%	\$85,223	\$5,535,216
	Mixta	577	20%	30%	\$119,587	\$4,140,092
	Hormigón	1,876	10%	10%	\$153,951	\$2,888,116
Total						\$122,682,422

Los vientos intensos o tormentas de vientos en el Municipio son moderados, las pérdidas potenciales se asumirán de acuerdo al tipo de vivienda y los daños probables. Se estima que las viviendas de hormigón serán las menos afectadas y las que menos por ciento de daños sufran. Las casas mixtas sufrirán daños moderados y las de madera son las que tienen mayor potencial de sufrir daños. Para propósito de este estimado, se asumió que el 5% de las casas de hormigón, el 15% de las casas mixtas y el 25% de las casas de madera sufrirán daños. La proporción de daños que sufran las estructuras es también función del tipo de construcción. Se estima que los daños a las viviendas de hormigón que se afecta sean hasta un 5% del costo de la vivienda, las construcciones mixtas un 10% y las de madera un 15%. En las próximas tablas se muestra la pérdida potencial para vientos intensos o tormentas de vientos del Municipio las cuales solo fueron revisados los costos dado a que el Censo del 2010 no incluyo dicho dato.

Tabla 4.20: Pérdida Potencial En Viviendas por Vientos Intensos o Tormentas de Vientos

Tipo de Vivienda	Cantidad de viviendas	Costo de Reemplazo	Por ciento Viviendas afectadas	Por ciento de Daños	Total
Hormigón	15,068	\$153,951	15%	10%	\$34,796,634
Mixta	4,637	\$119,587	50	20	\$55,445,187
Madera	3,477	\$85,223	50	30	\$44,451,745
TOTAL					\$134,693,566

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.21: Pérdida Potencial por Vientos Intensos o Tormentas de Vientos en Viviendas Por Barrios

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Bajura	Madera	148	50%	30%	\$85,223	\$1,888,749
	Mixta	197	50	20	\$119,587	\$2,355,858
	Hormigón	640	15	10	\$153,951	\$1,478,504
Boquerón	Madera	647	50%	30%	\$85,223	\$8,274,061
	Mixta	863	50	20	\$119,587	\$10,320,334
	Hormigón	2,805	15	10	\$153,951	\$6,476,899
Guanajibo	Madera	275	50%	30%	\$85,223	\$3,514,798
	Mixta	367	50	20	\$119,587	\$4,384,049
	Hormigón	1,191	15	10	\$153,951	\$2,751,369
Llanos Costa	Madera	263	50%	30%	\$85,223	\$3,361,397
	Mixta	351	50	20	\$119,587	\$4,192,710
	Hormigón	1,139	15	10	\$153,951	\$2,631,288
Llanos Tuna	Madera	369	50%	30%	\$85,223	\$4,720,913
	Mixta	492	50	20	\$119,587	\$5,888,450
	Hormigón	1,600	15	10	\$153,951	\$3,695,510
Miradero	Madera	842	50%	30%	\$85,223	\$10,768,743
	Mixta	1,123	50	20	\$119,587	\$13,431,980
	Hormigón	3,650	15	10	\$153,951	\$8,429,726
Monte Grande	Madera	388	50%	30%	\$85,223	\$4,954,849
	Mixta	517	50	20	\$119,587	\$6,180,242
	Hormigón	1,680	15	10	\$153,951	\$3,878,634
Pedernales	Madera	433	50%	30%	\$85,223	\$5,533,937
	Mixta	577	50	20	\$119,587	\$6,902,545
	Hormigón	1,876	15	10	\$153,951	\$4,331,943
Pueblo	Madera	112	50%	30%	\$85,223	\$1,434,298
	Mixta	150	50	20	\$119,587	\$1,789,017
	Hormigón	486	15	10	\$153,951	\$1,122,763
Total						\$134,693,567

En caso de un terremoto de Intensidad VII o más en la Escala Mercalli Modificada, las pérdidas potenciales se asumirán de acuerdo al tipo de vivienda y los daños probables. Se estima que las viviendas de madera serán las menos afectadas y las que menos por ciento de daños sufran. Las casas mixtas sufrirán daños moderados y las de hormigón son las que tienen mayor potencial de sufrir daños. Para propósito de este estimado, se asumió que el 40% de las casas de hormigón, el 25% de las casas mixtas y el 15% de las casas de madera sufrirán daños.

La proporción de daños que sufran las estructuras es también función del tipo de construcción. Se estima que los daños a las viviendas de hormigón que se afecta sean hasta un 35% del costo de la vivienda, las construcciones mixtas un 35% y las de madera un 15%. El Comité de Mitigación mantuvo dichos porcentajes considerándolos razonables. En las próximas tablas se muestra la pérdida potencial para terremotos del Municipio la cual solo fue revisado los costos dado a que el Censo del 2010 no incluyo dicho dato.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.22: Pérdida Potencial En Viviendas Por Terremotos

Tipo de Vivienda	Cantidad de viviendas	Costo de Reemplazo	Por Ciento Viviendas afectadas	Por ciento de Daños	Total
Hormigón	\$34,796,634	\$153,951	15%	10%	\$34,793,632
Mixta	\$55,445,187	\$119,587	50	20	\$55,452,362
Madera	\$44,451,745	\$85,223	50	30	\$44,447,910
TOTAL					\$134,693,566

Tabla 4.23: Pérdida Potencial por Terremotos en Viviendas Por Barrios

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Bajura	Madera	148	50%	30%	\$85,223	\$1,888,749
	Mixta	197	50	20	\$119,587	\$2,355,858
	Hormigón	640	15	10	\$153,951	\$1,478,504
Boquerón	Madera	647	50%	30%	\$85,223	\$8,274,061
	Mixta	863	50	20	\$119,587	\$10,320,334
	Hormigón	2,805	15	10	\$153,951	\$6,476,899
Guanajibo	Madera	275	50%	30%	\$85,223	\$3,514,798
	Mixta	367	50	20	\$119,587	\$4,384,049
	Hormigón	1,191	15	10	\$153,951	\$2,751,369
Llanos Costa	Madera	263	50%	30%	\$85,223	\$3,361,397
	Mixta	351	50	20	\$119,587	\$4,192,710
	Hormigón	1,139	15	10	\$153,951	\$2,631,288
Llanos Tuna	Madera	369	50%	30%	\$85,223	\$4,720,913
	Mixta	492	50	20	\$119,587	\$5,888,450
	Hormigón	1,600	15	10	\$153,951	\$3,695,510
Miradero	Madera	842	50%	30%	\$85,223	\$10,768,743
	Mixta	1,123	50	20	\$119,587	\$13,431,980
	Hormigón	3,650	15	10	\$153,951	\$8,429,726
Monte Grande	Madera	388	50%	30%	\$85,223	\$4,954,849
	Mixta	517	50	20	\$119,587	\$6,180,242
	Hormigón	1,680	15	10	\$153,951	\$3,878,634
Pedernales	Madera	433	50%	30%	\$85,223	\$5,533,937
	Mixta	577	50	20	\$119,587	\$6,902,545
	Hormigón	1,876	15	10	\$153,951	\$4,331,943
Pueblo	Madera	112	50%	30%	\$85,223	\$1,434,298
	Mixta	150	50	20	\$119,587	\$1,789,017
	Hormigón	486	15	10	\$153,951	\$1,122,763
Total						\$122,682,422

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

En caso de un terremoto de Intensidad VII o más en la Escala Mercalli Modificada, provocando un maremoto con olas sobre 25 pies, las pérdidas potenciales se asumirán de acuerdo al tipo de vivienda y los daños probables. Se estima que las viviendas de hormigón serán las menos afectadas y las que menos por ciento de daños sufran. Las casas mixtas sufrirán daños moderados y las de madera son las que tienen mayor potencial de sufrir daños. Para propósito de este estimado, se asumió que el 15% de las casas de hormigón, el 35% de las casas mixtas y el 50% de las casas de madera sufrirán daños. La proporción de daños que sufran las estructuras es también función del tipo de construcción. Se estima que los daños a las viviendas de hormigón que se afecta sean hasta un 10% del costo de la vivienda, las construcciones mixtas un 20% y las de madera un 30%. En las próximas tablas se muestra la pérdida potencial para maremotos del Municipio **la cual solo fue revisado los costos dado a que el Censo del 2010 no incluyo dicho dato.**

Tabla 4.24: Pérdida Potencial En Viviendas por Maremotos

Tipo de Vivienda	Cantidad de Viviendas	Costo de Reemplazo	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por ciento de Daños	Total
Hormigón	2,460	\$153,951	10%	10%	\$24,619,029
Mixta	3,281	\$119,587	20	30	\$27,465,482
Madera	10,661	\$85,223	30	50	\$31,447,184
TOTAL					\$48,615,816

Tabla 4.25: Pérdida Potencial por Maremotos en Viviendas por Barrios

Barrio	Tipo de Vivienda	Cantidades de Viviendas	Por Ciento Viviendas Afectadas	Por Ciento de Daños	Costo Reemplazo	Total
Boquerón	Madera	647	50%	30%	\$85,223	\$8,270,865
	Mixta	863	35	20	\$119,587	\$7,224,234
	Hormigón	2,805	15	10	\$153,951	\$6,477,477
Guanajibo	Madera	275	50%	30%	\$85,223	\$3,515,437
	Mixta	367	35	20	\$119,587	\$3,072,183
	Hormigón	1,191	15	10	\$153,951	\$2,750,330
Llanos Costa	Madera	263	50%	30%	\$85,223	\$3,362,036
	Mixta	351	35	20	\$119,587	\$2,938,246
	Hormigón	1,139	15	10	\$153,951	\$2,630,248
Miradero	Madera	842	50%	30%	\$85,223	\$10,763,630
	Mixta	1,123	35	20	\$119,587	\$9,400,712
	Hormigón	3,650	15	10	\$153,951	\$8,428,802
Pedernales	Madera	433	50%	30%	\$85,223	\$5,535,216
	Mixta	577	35	20	\$119,587	\$4,830,108
	Hormigón	1,876	15	10	\$153,951	\$4,332,173
Total						\$83,531,695

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 4.26: Vulnerabilidad de los Riesgos por Barrios

Barrios	Inundación	Tormenta Tropical/ Huracán	Deslizamiento	Terremoto
Barrio Bajura	Alta	Alta	Bajo	Alta
Barrio Boquerón	Alta	Alta	Bajo	Alta
Barrio Pueblo	Alta	Alta	Bajo	Alta
Barrio Guanajibo	Alta	Alta	Bajo	Alta
Barrio Llanos Costa	Alta	Alta	Bajo	Alta
Barrio Llanos Tuna	Alta	Alta	Mediano	Alta
Barrio Miradero	Alta	Alta	Mediano	Alta
Barrio Monte Grande	Alta	Alta	Mediano	Alta
Barrio Pedernales	Alta	Alta	Bajo	Alta

En las áreas de riesgos identificadas a través de los datos mencionados, las familias aproximadamente, son afectadas directamente por los riesgos identificados. Basado en la recurrencia de eventos pasados, su principal riesgo son las inundaciones. Para ayudar a proteger la vida humana y las propiedades el Municipio de Autónomo de Cabo Rojo, a través de la Oficina para el Manejo de Emergencias, se tienen establecidos lugares para refugios, además de proveerles información sobre como proteger correctamente sus propiedades.

Tabla 4.27: Vulnerabilidad de los Riesgos por Barrios

Barrios	Sequía	Fuegos de Pastos y Forestales	Erosión Costera	Tsunami
Barrio Bajura	Mediano	Mediano	N/A	N/A
Barrio Boquerón	Mediano	Mediano	Alta	Alta
Barrio Pueblo	Mediano	Mediano	N/A	N/A
Barrio Guanajibo	Mediano	Mediano	Alta	Alta
Barrio Llanos Costa	Mediano	Mediano	N/A	N/A
Barrio Llanos Tuna	Alta	Alta	Alta	Alta
Barrio Miradero	Mediano	Mediano	Alta	Alta
Barrio Monte Grande	Mediano	Mediano	N/A	N/A
Barrio Pedernales	Mediano	Mediano	Alta	Alta

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

Además de los mapas de inundaciones preparados por FEMA, el Municipio Autónomo de Cabo Rojo ya cuenta con un Mapa de Desalojo en Caso de Tsunami, todos incluidos en el Apéndice 2.

4.5 RESUMEN DEL ÍNDICE DE RIESGOS DE LA COMUNIDAD

La siguiente tabla resume los diferentes riesgos individuales y les aplica una escala uniforme de frecuencia, magnitud, tiempo de advertencia, severidad, características especiales y consideraciones de planificación y la prioridad general del riesgo.

Tabla 4.28: Índice de Riesgos de la Comunidad

Riesgo	Frecuencia	Magnitud	Tiempo de advertencia	Severidad	Prioridad de riesgo
Inundación costanera	1 vez cada diez años	Limitada	6 a 12 horas	Mínima	Baja
Inundación Riverina	4 veces cada diez años	Catastrófico	6 a 12 horas	Crítica	Alta
Huracán Viento	3 veces cada diez años	Limitada	48 horas	Crítica	Mediano
Terremoto	51 a 117 años	Catastrófico	Mínimo	Catastrófica	Alta
Tsunami	51 a 117 años	Catastrófico	Mínimo	Catastrófico	Alta
Deslizamiento por Lluvia	Anual	Limitada	6-12 horas	Mínima	Mediana
<p>Frecuencia: Altamente probable; Probable; Posible; Imposible. Magnitud: Catastrófico; Crítico; Limitado; Improbable. Tiempo de advertencia: Mínimo; 6 a 12 horas; 12-24 horas; +24 horas. Severidad: Catastrófica (muertes múltiples; cierre total de facilidades por 30 días o mas; sobre 50% de la propiedad damnificada severamente); Crítica (heridas y/o enfermedades no resultan en impedimento permanente; cierre total de facilidades críticas por más de una semana; sobre 10% de la propiedad damnificada severamente); Mínima (heridas y/o enfermedades son tratables con primera ayuda; pérdida menor de la calidad de vida; cierre de las facilidades críticas y servicios por menos de 24 horas; menos del 10% de la propiedad damnificada severamente). Prioridad de riesgo: Alta; Mediana; Baja.</p>					

La ubicación de las facilidades con respecto a los riesgos se encuentra en el Apéndice 12.

4.6 COMPRENSIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUTURA Y LAS PÉRDIDAS POTENCIALES EN CABO ROJO

Con el propósito de entender la vulnerabilidad para eventos futuros para que las actividades de mitigación puedan ser evaluadas y consideradas adecuadamente se han comparado las pérdidas futuras a través de todo el Municipio. Una evaluación comparativa del futuro riesgo esperado puede proporcionar bases para entender como futuros desarrollos de estructuras puede aumentar la vulnerabilidad a cada riesgo en esta sub sección se presenta una metodología utilizada para comparar riesgos futuros, pérdidas proyectadas para los siguientes 10, 20 y 30 años proponiendo un mapa de uso de terrenos que proporciona la base que las personas que deciden sobre las políticas a tomar evalúen las maneras de reducir la vulnerabilidad durante los próximos años. El modelo de proyección de riesgos presentado en la Figura 4.12 consiste de tres diferentes componentes:

- (1) nivel de intensidad que se define para un periodo de recurrencia de 100 años para cada tipo de riesgo identificado;
- (2) Exposición definida como el numero de estructuras (inventario) y su valor;
- (3) La vulnerabilidad o susceptibilidad de daños del total de estructuras en el transcurso del tiempo.

Los componentes fueron combinados en un modelo de proyección de riesgo para entender las pérdidas potenciales futuras para cada riesgo. Dicha metodología facilita la comprensión de como los siguientes componentes de la evaluación de riesgo cambian en el transcurso del tiempo. Se proporciona una descripción de estos componentes en la figura 4.12.

Riesgo — Se asumió que la relación entre la intensidad/frecuencia de riesgo permanece constante durante los periodos de 10, 20, y 30 años. Este significa que no se espera que la intensidad de riesgo, basada durante el período de recurrencia de 100 años, cambie dramáticamente con el tiempo.

Vulnerabilidad — Se espera que las características generales del medio ambiente construido cambien con el tiempo debido a:

- Implementación del código de construcción,
- Grado y nivel de imposición de código, y mejoras
- En los materiales y prácticas de construcción.

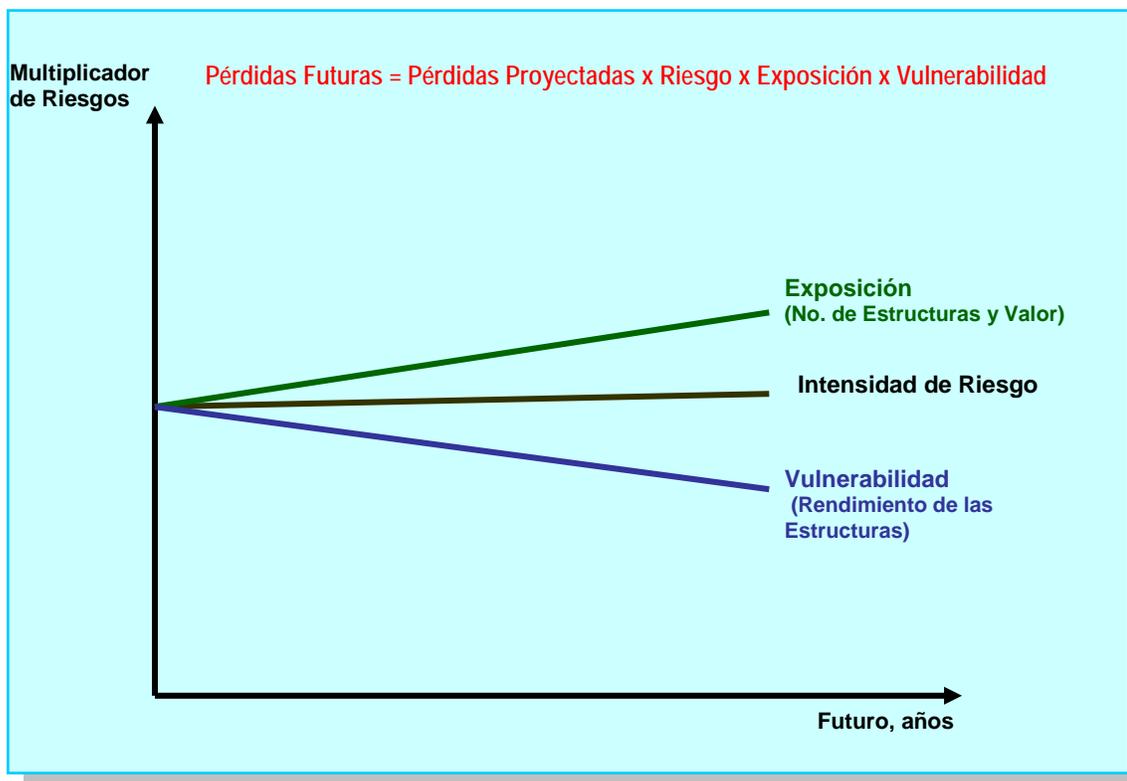
Un factor multiplicador de vulnerabilidad fue usado para actualizar/modificar el rendimiento de las estructuras desde el presente hasta el rendimiento en las mismas en los años 2020, 2030 y 2040.

- **Código de Construcción**— Los códigos de construcción de Puerto Rico han sido actualizados siendo el utilizado en la actualidad el International Building Code (IBC) y el Puerto Rico Building Code desde el 1 de marzo de 2011. Debido a los parámetros de diseño como resultado del cambio al IBC comparadas con las estructuras del presente, las estructuras futuras tendrán un

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

mejor rendimiento. Un multiplicador de código de construcción fue usado para obtener las mejoras del ambiente construido.

Figura 4.12: Componentes del Modelo de Proyección de Riesgos



- **Aplicación del Código**— Las nuevas construcciones deben utilizar guías y parámetros de diseños que vayan acorde al Código de Construcción actual.
- **Prácticas de Construcción**—Se asume que las prácticas de construcción, en términos de habilidad de los constructores y materiales, mejorarán con el tiempo. Un multiplicador fue usado para identificar en forma aproximada de las mejoras en el ambiente construido.

Por lo tanto, el modelo de proyección de riesgo asume que la vulnerabilidad en el Municipio disminuirá en el transcurso del tiempo.

4.7 TENDENCIAS SOBRE EL USO DE TERRENOS Y EL DESARROLLO URBANO

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo tuvo un crecimiento poblacional entre el 2000 y 2010 de un 8.54%, alcanzando una población de 50,977 habitantes. Cabo Rojo se colocó en la décima posición entre 36 del total de 78 municipios que durante esa década experimentaron un aumento en su población. Mientras la

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

población total para Puerto Rico experimentó una pérdida de población de un 2.2 % durante el mismo periodo.

Con respecto a viviendas, Cabo Rojo vio su acervo crecer en un 30.3% entre el año 2000 y el 2010, el doble del experimentado para todo Puerto Rico (15.4% de crecimiento). El aumento significativo en viviendas para Cabo Rojo estuvo fundamentalmente impulsado por la construcción de viviendas para veraneo, o segundas viviendas, lo que implica un aumento poblacional durante el verano e invierno no cuantificable pero significativo no solo en cuanto a su impacto positivo en la economía del Municipio, sino también por el aumento en la demanda en la infraestructura de energía eléctrica, agua potable y mayor tráfico en sistemas viales que no están diseñados para manejar esos volúmenes altos de tráfico. Este incremento en la población de turismo local e internacional por temporada tiene implicaciones también en cuanto al manejo de esa población flotante durante un desastre natural tales como: Terremotos, Tsunami y Huracanes.

El aumento en nuevas viviendas en el Municipio significó también un aumento en la construcción de facilidades comerciales y hoteles, así como la infraestructura requerida para apoyar esos nuevos desarrollos. Esto ha implicado un aumento en la impermeabilización de terrenos y el aumento de escorrentías pluviales en lechos y riberas en las sub-cuencas donde se han construido esos proyectos, exacerbando los problemas de inundaciones en terrenos y comunidades aguas abajo de esos desarrollos.

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo, a través de su Plan de Ordenamiento Territorial, cuya última revisión fue aprobada en octubre del 2010 y está vigente hasta el 2018, establece las calificaciones y clasificaciones (zonificación) de todo el territorio del Municipio Autónomo de Cabo Rojo. Durante la última revisión del Plan se aplicaron criterios de vulnerabilidad a riesgos naturales para calificar sus suelos y establecer aquellas áreas de su territorio donde no se permiten nuevos desarrollos, y donde se permita que los mismos cumplan con los más estrictos criterios de mitigación y los códigos de construcción aplicables, así como aquellos terrenos aptos para desarrollo y programados para el crecimiento urbano del municipio.

La Ley de Municipios Autónomos, Ley Núm. 81 del 30 de agosto de 1991, revisada en junio de 2009, establece en el Artículo 13.005 las clasificaciones a aplicarse en la regulación de los usos en el territorio del municipio. Estas son las siguientes:

1. Suelo Urbano (SU)
2. Suelo Urbanizable Programado (SUP)
3. Suelo Urbanizable No Programado (SUNP)
4. Suelo Rustico Común (SRC)
5. Suelo Rustico Especialmente Protegido (SREP)

El SU está constituido por los terrenos que cuentan con acceso vial, abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica y con otra infraestructura necesaria al desenvolvimiento de las actividades administrativas, económicas y sociales que en esos suelos se realizan, y que estén comprendidos en áreas consolidadas por la edificación.

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

El SUP está constituido por aquel terreno que pueda ser urbanizado en un periodo previsible de cuatro (4) años.

El SUNP está constituido por terrenos que puedan ser urbanizados en un periodo previsible de cuatro (4) y ocho (8) años.

El SRC es aquel no contemplado para uso urbano o urbanizable debido entre otros, a que el suelo urbano o urbanizable clasificado por el POT es suficiente para acomodar el desarrollo urbano esperado.

El SREP es terreno no contemplado para uso urbano o urbanizable y que por su especial ubicación, topografía, valor estético, arqueológico o ecológico, recursos naturales únicos u otros atributos, se identifica como un terreno que nunca deberá utilizarse como suelo urbano.

El POT del Municipio Autónomo de Cabo Rojo clasificó sus suelos de la siguiente manera:

	%
1. Suelo Urbano	15
2. Suelo Urbanizable Programado	0.5
3. Suelo Urbanizable No Programado	1
4. Suelo Rustico Común	43.5
5. Suelo Rustico Especialmente Protegido	40
	100 %

En el POT se clasifica entre las categorías del SUP y SUNP el 1.5% de su territorio. Específicamente se establecieron las siguientes áreas para ser urbanizadas en un periodo entre cuatro (4) y ocho (8) años:

1. Plan Ensanche Aymeé (SUP-1): Esta área consiste de varias parcelas que forman un área irregular de aproximadamente 94 cuerdas al Sur de la carretera PR-102 y al Oeste del Centro Urbano de Cabo Rojo. Es la alternativa físico-especial para acomodar el crecimiento futuro del municipio durante un periodo de cinco (5) años.
2. Plan Ensanche No Programado Miradero: (SUNP-1) Esta área incluye terrenos ubicados al Oeste de la carretera PR-100 con acceso principal a través de la PR-308, y constituye una alternativa para acomodar la demanda futura por suelo urbano en un periodo de tiempo no menor de cinco (5) años, pero no mayor de diez (10) años.
3. Plan Ensanche No Programado Corozo: (SUNP-2) Esta área incluye terrenos ubicados en El Barrio Boquerón, Sector El Corozo, al Oeste de la Carretera PR-307 y al norte de la PR-3301, con acceso directo a través del Camino Los Vélez.

Estas áreas ubican en zonas relativamente seguras, distantes de áreas costeras y terrenos donde existen riesgos de deslizamientos o licuación.

Además el POT del Municipio Autónomo de Cabo Rojo designó un 40% de su Territorio como SREP y, debido a las enmiendas recientemente aprobadas por la Junta de Planificación para las reservas agrícolas de los valles de Lajas y Guanajibo, este porcentaje ha aumentado a un 62%, restringiendo aún más el

CAPÍTULO CUATRO EVALUACIÓN DE RIESGOS

desarrollo urbano en áreas de alto valor agrícola, pero sujetos a riesgos de inundabilidad, sequías y fuegos, entre otros riesgos.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Marejada Ciclónica y Tsunami

El desarrollo de las zonas susceptible a Marejada y Tsunami están debidamente reglamentados por el Reglamento de Planificación # 13 de la Junta de Planificación y los mapas de inundaciones de FEMA. El reglamento regula el uso, tipo y localización de estructuras en estas zonas tomando en consideración el riesgo de esta zona.

Ya que existe una alta demanda para el desarrollo en las zonas que podrían ser afectadas por este tipo de fenómeno y si la zonificación lo permite, se espera que ocurra desarrollo en las zonas con consideraciones y limitaciones impuestas por los reglamentos de construcción. Sin embargo la construcción en las mismas estará debidamente documentada y deberá ser resistente a este evento basado a los requisitos del Reglamento 13.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Inundaciones

En Cabo Rojo aplica el Reglamento Núm. 13 de la Junta de Planificación. Este reglamento aplica a las construcciones nuevas y de mejoras substanciales en Áreas Especiales de Riesgo de Inundación (SFHA, por sus siglas en inglés), que se identifican como zonas inundables en los mapas de FEMA. Bajo esta zona en el Municipio se permite nueva construcción siempre y cuando la misma este diseñada para minimizar el daño por inundaciones o de acuerdo a lo permitido basado en la zona inundable.

El Municipio Autónomo de Cabo Rojo en cumplimiento con la Ley 49 del 4 de enero de 2003, no promueve la construcción de vivienda en zonas inundables y requiere que en proyectos de construcción que colinden con cuerpos de agua se mantenga una zona de amortiguamiento de 5 metros.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Huracán y Eventos Atmosféricos

Ya que todo el Municipio es susceptible a vientos huracanados y eventos atmosféricos es imperante que el desarrollo que ocurra sea resistente al impacto de estos eventos. Como resultado del huracán Georges en Puerto Rico se estableció como política pública la construcción resistente a huracanes (FEMA-Gobierno de Puerto Rico: Plan De Acción Presidencial Para La Recuperación A Largo Plazo, 1999). A estos efectos el desarrollo de Cabo Rojo está sujeto a la implementación adecuada de dichas prácticas. Específicamente la Junta de Planificación y la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) regulan lo siguiente que:

- Los edificios se diseñen según los códigos modernos de construcción.
- Los edificios nuevos deben ser construidos e inspeccionados siguiendo los códigos de construcción vigentes;
- Los edificios que se rehabiliten deben ser resistentes a huracanes

Estas acciones aseguran que la construcción legal sea resistente a los huracanes. Es necesario que se estimule a estas agencias reguladoras a velar por las construcciones ilegales y que toda construcción se lleve a cabo dentro de los parámetros de la ley.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Terremoto

Como se mencionó anteriormente tanto el Municipio por la jerarquía delegada dentro de sus límites territoriales como la Junta de Planificación y la OGPe reglamentan el proceso de construcción y rehabilitación de vivienda. Para aumentar la calidad de la construcción en Puerto Rico en 1999 se adoptaron una serie de estándares. El IBC y el Puerto Rico Building Code fueron adoptados en Puerto Rico en el 2011, estableciendo que se construyan estructuras reforzadas en aquellas áreas que son susceptibles a licuación, deslizamiento y movimiento sísmico. Los requisitos buscan asegurar la vida de los ocupantes de las estructuras y al igual que con los huracanes que:

- Los edificios se diseñen según los códigos modernos de construcción;
- Los edificios nuevos se construyan e inspeccionen siguiendo los códigos de construcción;
- Los edificios que se rehabiliten sean resistentes a terremotos

Para regular la implementación del Código se estableció el “proceso de certificación” por OGPe. Bajo este proceso los ingenieros y arquitectos certificar si un proyecto de construcción o desarrollo está en conformidad con todos los reglamentos. Nuevamente todo proyecto legal debe estar en cumplimiento y debe ser resistente a terremotos. Es necesario nuevamente que se estimule a las agencias reguladoras a velar por las construcciones ilegales y que toda construcción se lleve a cabo dentro de los parámetros de la ley.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Deslizamientos

Como se mencionó anteriormente tanto el Municipio por la jerarquía delegada dentro de sus límites territoriales la Junta de Planificación y OGPe regulan el proceso de construcción y rehabilitación de vivienda en Puerto Rico. Como parte del proceso de permisos de construcción se evalúa la susceptibilidad a deslizamiento. Sin embargo, la mayoría de la construcción que es susceptible a deslizamiento es informal y no pasa por el proceso de permisos. Esto expone a sus ocupantes en caso de deslizamientos por lluvia. Se espera que este patrón continúe a menos que las agencias encargadas de regular la construcción velen por las construcciones ilegales y aseguren que toda construcción se lleve a cabo dentro de los parámetros de la ley. Esta acción minimizará el desarrollo de viviendas en zonas susceptibles.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Sequías

Todo el Municipio puede ser susceptible a sequía. Sin embargo, se han identificado en los Planes Operacionales los posibles Oasis para distribuir agua. También, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados al emitir endosos de construcción considera la viabilidad y disponibilidad de agua potable.

Tendencias de Desarrollo en Zonas Susceptibles a Incendios Forestales

Aunque no se ha podido establecer con claridad y datos científicos la recurrencia de los incendios forestales y de pastos en Cabo Rojo, los lugares donde pueden ocurrir son aquellos donde debido a la falta de agua por precipitación ocurren los incendios y en algunos casos al ocurrir desarrollos puede aliviar la ocurrencia.

4.8 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE DESARROLLOS URBANOS FUTUROS

A través del Plan de Mitigación de Riesgos el Municipio tomará las decisiones de planificación relacionadas con los niveles de riesgos naturales. El desarrollo urbano se debe llevar a cabo en áreas del riesgo compuesto menor. El Municipio está densamente construido pero se ha reglamentado el uso de terrenos según establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial y algunos desarrollos en el Centro del Municipio. El Plan de Ordenamiento Territorial ha incorporado zonificaciones para restringir lugares para evitar el desarrollo en áreas de alto riesgo o especialmente protegidas.

Los proyectos incluidos que iban a ser desarrollados en el Plan anterior que no eran medidas de mitigación han sido eliminados y los que contienen han sido incluidos en el Capítulo 5.

Durante la identificación de los lugares a construir se utilizará tanto la información provista en el Plan como los mapas de inundaciones para que las construcciones no se realicen en los lugares donde se puedan ver afectados debido a dicho riesgo los proyectos programados. En el caso de terremotos, huracanes (vientos) y otros riesgos ya el Código de Construcción incluye parámetros que considera dicho riesgos en las facilidades municipales.

El propósito de los mapas de riesgos incluidos en el Apéndice 2, es proveer una herramienta para la implementación de desarrollo urbano sostenible, su uso no elimina evaluaciones de lugares específicos en forma previa a la aprobación de una nueva construcción o el mejoramiento de las estructuras u otras instalaciones. Al Municipio desarrollar sus capacidades de revisión y de emisión de endosos para permisos de construcción, los diferentes mapas de riesgos se utilizan para identificar áreas críticas. Estos mapas se utilizarán para determinar áreas dentro del Municipio donde el desarrollo urbano es restringido por la presencia de riesgos naturales, como también para determinar áreas donde el desarrollo urbano debería ser alentado porque son áreas de menor riesgo potencial.

En los lugares donde los terrenos ya han sido desarrollados las técnicas se utilizan para justificar la imposición de requisitos en desarrollos urbanos existentes donde tales controles son necesarios ya que están ubicados en zonas de alto riesgo, al igual que para evaluar los beneficios y costos de la mitigación de riesgos.