
SISTEMA PARA EL MONITOREO AUTOMÁTICO Y EVALUACIÓN DE RIESGO DE HURACANES EN LA REPÚBLICA MEXICANA

**Octavio Hinojoza Gabriel¹, Mario Ordaz Schroeder^{1,2}, Benjamín Huerta Garnica¹, Eduardo
Reinoso Angulo^{1,2} y Miguel A. Jaimes Téllez²**

RESUMEN

Se presentan las características y funcionamiento de un sistema automático de monitoreo y evaluación de huracanes generados en los océanos Atlántico y Pacífico; en cuanto se registra un evento de huracán en la página de internet de la NOAA y dicho aviso está dentro de la zona de peligro de la República Mexicana, el sistema comienza a realizar la evaluación de riesgo para los elementos expuestos ingresados previamente al sistema, mostrando gráficamente la trayectoria del huracán hasta el momento del aviso y obteniendo resultados para la estimación de pérdidas físicas y humanas.

ABSTRACT

This document describes the characteristics and operation of a monitoring and evaluation of hurricanes system that generated in the Atlantic and Pacific oceans; when then NOAA website registering a hurricane warning, and this is in the danger zone of the Republic Mexican, the system starts with the assessment of risk for exposed elements. The system graphically displays the path of the hurricane and gets the results for the estimation of physical and human losses

INTRODUCCIÓN

Los huracanes se caracterizan por una circulación de aire cerrada alrededor de un centro de baja presión que produce, marea de tormenta, fuertes vientos y abundantes lluvias; éstos se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida, viajan miles de kilómetros incrementando su intensidad hasta que pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Al localizarse México en una zona intertropical, ambas franjas costeras son dañadas de forma significativa, algunas zonas localizadas dentro del territorio y alejadas de las costas sufren los impactos por las fuertes lluvias que producen inundaciones y que pueden llegar a ser catastróficas para la población, dejando grandes pérdidas humanas y materiales.

Si bien la pérdida de vidas humanas ocasionadas por este fenómeno se han reducido gracias al empleo de nuevas tecnologías y desarrollo de modelos que permiten, a las agencias de protección civil, prever y ayudar a la población ante estos desastres, los daños materiales producidos se han incrementado dado que cada vez son mayores las acumulaciones de valores expuestos, esto ha provocado que el número de personas afectadas sea cada vez mayor.

¹ ERN, Evaluación de Riesgos Naturales, Vito Alessio Robles No 179. Col. Hacienda de Guadalupe Chimalistac. Del. Álvaro Obregón, 01050 México, D.F. Teléfono: (55)5616-8161, 62, 64; ohinojoza@ern.com.mx, bhg@ern.com.mx

² Instituto de Ingeniería UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, D.F. mors@pumas.ii.unam.mx, ere@pumas.ii.unam.mx, mjaimest@iingen.unam.mx

En las últimas décadas, la República Mexicana han tenido graves afectaciones por fenómenos naturales de origen meteorológico, tal es el caso de los huracanes *Gilberto (1988)*, *Paulina (1997)*, *Isidore (2002)*, *Stan (2005)*, *Wilma (2005)*, *Dean (2007)* y *Alex (2010)*, por citar algunos.

El impacto económico del huracán Wilma fue el mayor en la historia de México. Provocó pérdidas de aproximadamente 7,5 billones de dólares, siendo los sectores más afectados el turismo y la agricultura. El mes posterior al paso del huracán se caracterizó por decenas de carencias:

1. Inmuebles dañados y población afectada
2. Antenas derribadas que dejaron parcialmente incomunicada a la población
3. Desabasto de agua potable en los hogares por tres días
4. La luz eléctrica fue sustituida por linternas y velas durante varias semanas
5. Algunas calles permanecieron inundadas provocando incomunicación y la propagación de enfermedades

Para tratar de reducir la problemática anterior, se plantea implementar un sistema que esté en constante monitoreo de avisos de huracán, a través de la información que publica la agencia Estadunidense NOAA en su página de internet y que evalúe de manera inmediata el riesgo mediante la estimación de pérdidas de inmuebles, infraestructura y población afectada, la cual se define mediante una base de datos que contienen todos los elementos expuestos.

La importancia de un sistema de monitoreo de huracán, como el que se presenta en este trabajo, es permitir la estimación temprana de daños materiales y población afectada ante el pronóstico de un inminente impacto de huracán en territorio nacional. Esta información permitirá contar con parámetros que contribuyan a la implementación de un plan de acción bien preparado y organizado para lograr una atención inmediata de la emergencia, con el propósito de minimizar los efectos que estos fenómenos provocan a la población.

En este trabajo se presenta las características generales y la descripción del funcionamiento del sistema de monitoreo de huracanes y se muestra al final del artículo un ejemplo de los resultados que se pueden obtener con este sistema para la base de datos de unidades médicas de salud a nivel nacional ante el huracán Alex ocurrido en el Océano Atlántico a finales de junio del 2010.

OBTENCIÓN DE LOS AVISOS DE HURACÁN

La NOAA es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en las condiciones de los océanos y la atmósfera. Desempeña varios roles específicos en la sociedad, cuyos beneficios se extienden a la comunidad global, una de estas funciones es proporcionar información que se manifiesta claramente en la producción de alertas y pronósticos de huracán a través de su página de internet, por ello esta información es muy empleada durante la temporada de huracanes para los océanos Atlántico y Pacífico.

Dentro de la gran cantidad de información que proporciona este organismo es de particular interés:

- ✓ Los avisos de la ubicación del huracán reportados momentos después de que han procesado las mediciones para determinar la posición del ojo y los parámetros de intensidad.
- ✓ Los pronósticos esperados para la trayectoria e intensidad para los días siguientes

La información relevante para este proyecto se localiza en los apartados:

- ✓ Forecast Track, Cone of Uncertainty, and Watches/Warnings
- ✓ Preliminary Best Track Information

El sistema utiliza los datos suministrados por la página del NHC (National Hurricane Center) de la NOAA, contenidos en archivos "Shape" con formato de puntos para cada aviso reportado, esta información se distribuye a través de una dirección FTP proporcionada por este organismo.

En la Figura 1 se muestra un mapa con la visualización de un archivo “Shape” que contiene los avisos y pronóstico del huracán Alex cuando éste se localizaba en el Golfo de México antes de impactar las costas del estado de Tamaulipas. Los puntos en color verde indican los avisos y los puntos color azul, dentro del cono de incertidumbre, muestran el pronóstico para los siguientes cinco días.



Figura 1 Visualización de los avisos y pronósticos del huracán Alex

Adicionalmente al archivo “Shape” se tiene un archivo de base de datos con la extensión *.dbf que proporciona los parámetros físicos del huracán. En la Figura 2 se muestra la tabla con los datos de este archivo.

Attributes of a012010_position																
FID	Shape	STORMNAME	DTG	YEAR	MONTH	DAY	HHMM	TAU	MSLP	BASIN	STORMNUM	STORMTYPE	INTENSITY	SS	LAT	LON
0	Point	INVEST	2010062418	2010	JUN	24	1800	0	1007	AL	1		25	0	15.9	-82
1	Point	INVEST	2010062500	2010	JUN	25	0000	0	1006	AL	1		25	0	16	-82.1
2	Point	INVEST	2010062506	2010	JUN	25	0600	0	1006	AL	1		25	0	16.1	-82.3
3	Point	INVEST	2010062512	2010	JUN	25	1200	0	1005	AL	1		30	0	16.2	-82.5
4	Point	INVEST	2010062518	2010	JUN	25	1800	0	1005	AL	1		30	0	16.4	-83.1
5	Point	ONE	2010062600	2010	JUN	26	0000	0	1004	AL	1		30	0	16.6	-83.9
6	Point	ALEX	2010062606	2010	JUN	26	0600	0	1004	AL	1		40	0	16.7	-84.9
7	Point	ALEX	2010062612	2010	JUN	26	1200	0	1004	AL	1		40	0	16.9	-86.1
8	Point	ALEX	2010062618	2010	JUN	26	1800	0	996	AL	1		55	0	17.2	-87.2
9	Point	ALEX	2010062700	2010	JUN	27	0000	0	995	AL	1		55	0	17.5	-88.2
10	Point	ALEX	2010062706	2010	JUN	27	0600	0	1000	AL	1		35	0	18	-89.1
11	Point	ALEX	2010062712	2010	JUN	27	1200	0	1000	AL	1		30	0	18.5	-90
12	Point	ALEX	2010062718	2010	JUN	27	1800	0	999	AL	1		30	0	18.9	-90.7
13	Point	ALEX	2010062800	2010	JUN	28	0000	0	991	AL	1		40	0	19.2	-91.1
14	Point	ALEX	2010062806	2010	JUN	28	0600	0	991	AL	1		40	0	19.5	-91.4

Figura 2 Contenido del archivo *.dbf asociado al “Shape” de la trayectoria del huracán

Los campos relevantes son:

- INTENSITY. Velocidad máxima del huracán
- MSLP. Presión barométrica
- DTG. Fecha y hora

METODOLOGÍA

El método para la estimación de pérdidas que utiliza el sistema consiste principalmente en tres factores:

1. La ocurrencia del fenómeno natural de origen meteorológico potencialmente dañino, es decir, la amenaza
2. La cantidad de exposición material y humana
3. La vulnerabilidad, definida en términos de relaciones de intensidad a daño para cada elemento expuesto

En la Figura 3 se ejemplifica esquemáticamente los factores de riesgo que a su vez forman parte de los diferentes procesos del sistema.

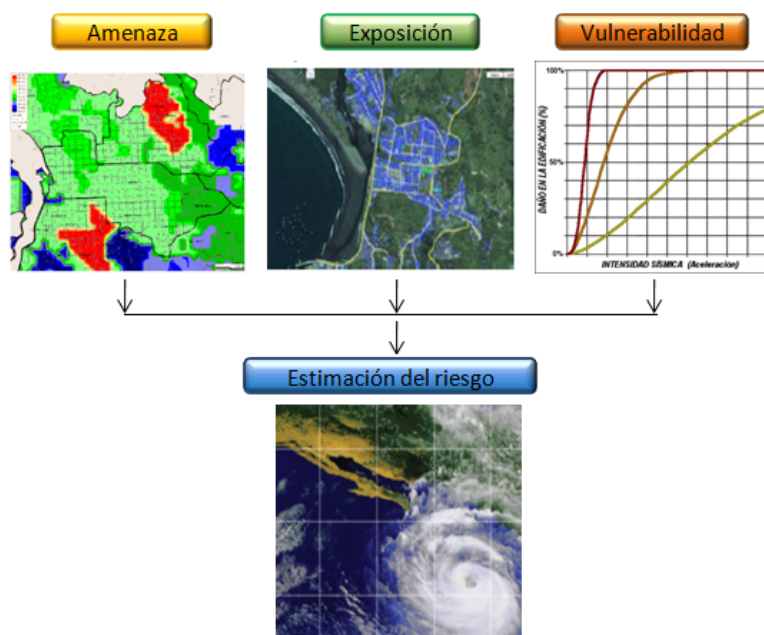


Figura 3 Esquema del proceso empleado en la estimación de riesgo

AMENAZA

Para el sistema, la amenaza se constituye cada vez que se reporta la llegada de un huracán a través de los avisos en línea de la NOAA y cuya trayectoria se encuentren en la zona de afectación del territorio nacional.

El modelo de huracán utilizado en este sistema (Reinoso et al., 2006) analiza los dos principales peligros involucrados: viento y marea de tormenta en forma simultánea. Sin embargo, en una segunda versión del mismo se podrá incluir la parte de inundación.

Para la República Mexicana las máximas velocidades de viento ocurren cuando se presenta un ciclón tropical. Existen pocos estudios que se han orientado a la caracterización de este tipo de fenómenos en las costas mexicanas, en buena medida a causa de la alarmante falta de información y datos medidos en campo. En las últimas décadas, en las regiones que se ven afectadas por la influencia de ciclones tropicales, se han invertido muchos esfuerzos por encontrar algún modelo numérico que permita determinar las condiciones costeras debidas a la presencia de huracanes, siendo los del tipo paramétrico los que más éxito han tenido (Reinoso et al., 2006), (Avelar, 2007), (Jaimes et al., 2009).

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la visualización del campo de velocidades de viento estimada para el huracán Alex, los tonos rojos indican mayores velocidades de viento las cuales se presentan cerca de la trayectoria y disminuyen conforme nos alejamos de la misma hasta un color azul claro.

La marea de tormenta es uno de los peligros asociados a la ocurrencia de huracanes que más daño causa a inmuebles en la primera línea de costa. Se usa un modelo simplificado cuya descripción se indica en (Reinoso et al., 2006), en ese trabajo los autores suponen que la marea de tormenta depende del gradiente de presiones y de los esfuerzos tangenciales ejercidos por el viento y la fricción de fondo.

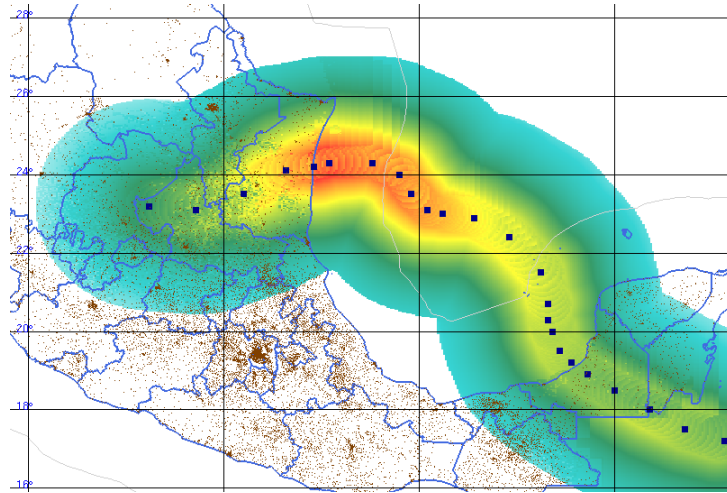


Figura 4 Campo de vientos del huracán Alex

Para fines del modelo de huracán empleado en este trabajo sólo se usan los siguientes datos de la información proporcionada por la NOAA:

1. Posición del ojo del huracán en coordenadas geográficas
2. Fecha y hora en el formato UTC (Coordinated Universal Time)
3. Presión central en milibares
4. Velocidad máxima en millas por hora

Una vez que el sistema cuenta con la información descrita anteriormente está listo para realizar la estimación de amenaza para cada peligro involucrado: viento y marea de tormenta.

EXPOSICIONES

Un aspecto importante para que el sistema funcione es introducir de manera obligatoria una base de datos que contiene la descripción de los bienes expuestos así como su localización y los valores de cada uno de sus componentes. El sistema admite exposiciones por medio de archivos “Shape” de puntos, líneas o polígonos, donde cada elemento proporciona información georeferenciada de un inmueble (edificaciones de diferentes usos como vivienda, hospitales, escuelas, entre otros) o infraestructura (por ejemplo: carreteras, puentes, tuberías, presas), adicionalmente se emplean el archivo de bases de datos *.dbf asociados al mismo para incluir la información complementaria.

Una de las principales características de este sistema es el poder incluir un archivo de unidad de riesgo; este archivo de formato “Shape” y de tipo polígono, permite que los resultados, obtenidos de la evaluación, se acumulen por zonas (por ejemplo: estados, municipios, etc.); dichas zonas son delimitadas por los polígonos contenidos en el archivo de la unidad de riesgo.

VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se puede definir como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, en este caso la acción del huracán. Usualmente la vulnerabilidad se expresa como un porcentaje del valor de construcción del bien. La vulnerabilidad está asociada, en términos físicos, de manera directa con la degradación permanente del valor expuesto del bien y de forma inversa con la resistencia de los materiales del mismo. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de una curva de vulnerabilidad para viento.

En la vulnerabilidad se cuantifica el daño causado en cada tipo de activo por la ocurrencia de un evento de cierta intensidad. En el caso de edificaciones, la clasificación de los activos se basa en la combinación de los materiales de construcción, el tipo de edificio (es decir la combinación de muros y cubiertas), el uso del edificio, el número de pisos y la edad. En el caso de infraestructura se elaboraron funciones de vulnerabilidad en función del tipo de material construido (Avelar, 2007), (Jaimes et al., 2009).

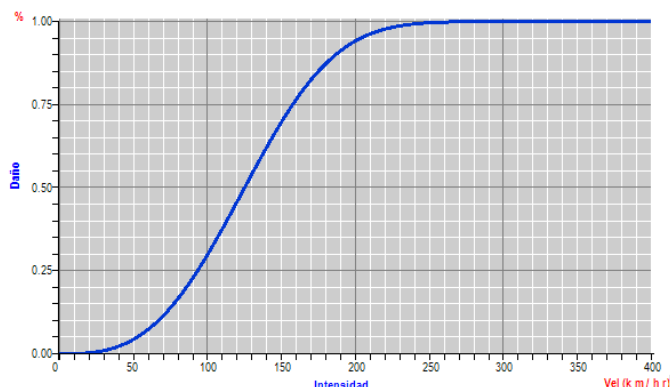


Figura 5 Ejemplo de curva de vulnerabilidad para viento

Se pueden definir curvas de vulnerabilidad específicas para el costo de los contenidos del edificio y para la interrupción de la producción (Jaimes et al., 2009), así como para la población afectada (Jaimes et al., 2011).

MODELO DE EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

Como se esquematizó en la Figura 3, la evaluación del riesgo se lleva a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas sobre el inventario de activos expuestos con las funciones de vulnerabilidad relacionadas. En resumen, se evalúa el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas a partir de las intensidades de cada escenario de huracán analizado (ver Figura 4) y de las relaciones intensidad daño (ver Figura 5) que le corresponda.

Para calcular las pérdidas, la tasa de daño obtenida en la modelación de la vulnerabilidad se transforma en pérdidas económicas multiplicando dicha tasa por el valor en riesgo. Este cálculo se realiza para cada tipo de activo en cada sitio (Jaimes et al., 2009), de esta manera se presentan las estimaciones en términos de pérdidas económicas directas asociadas al daño en las construcciones y de número de población afectada. Esta información es bastante útil para identificar las zonas donde se prevén mayores afectaciones y con ello realizar un plan de emergencia para atender de forma inmediata este tipo de contingencia.

MONITOREO

Una vez que el usuario ha iniciado el programa y cargado los datos necesarios (exposiciones a evaluar, unidades de riesgo, etc.) el sistema automáticamente inicia la búsqueda de información en la página de

internet donde la NOAA reporta los avisos y pronósticos de los ciclones tropicales; el sistema de monitoreo se ha diseñado para consultar constantemente a un sitio FTP con el propósito de que identifique inmediatamente cuando se presente nueva información.

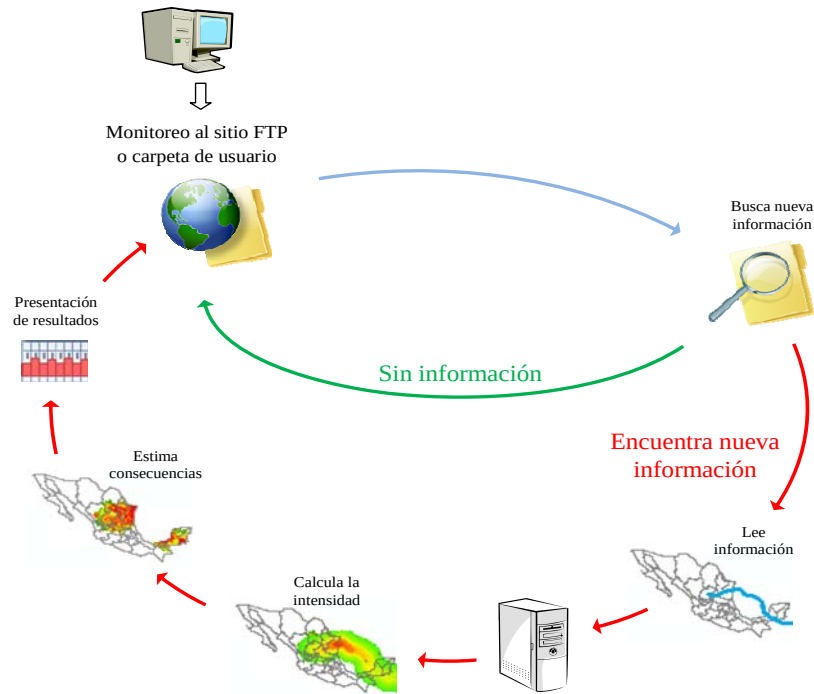


Figura 6 Esquema del proceso de monitoreo y evaluación de avisos de huracán

El sistema informa el estado del proceso de monitoreo mediante algunas advertencias como cuando:

1. Se pierde la conexión de Internet
2. No se cuenta con acceso al sitio FTP
3. Los archivos descargados no contengan el formato estándar o presenten algún error

Estas advertencias se muestran directamente en la pantalla principal del sistema para que en un determinado momento el usuario pueda tomar las medidas necesarias para estos casos.

En ninguno de los casos mencionados el sistema deja de funcionar, cuando se ha perdido la conexión internet o el sistema no puede acceder a la dirección FTP, el programa seguirá intentando conectarse; una vez que se restablezca la conexión el sistema es capaz de retomar el monitoreo desde la última vez que se acceso a la red, de esta manera se garantiza que el sistema revisará y, en sus respectivos casos, calculara la pérdida de todos los avisos de la NOAA.

Cuando el sistema detecta nueva información, ésta se descarga de internet y se leen los datos provenientes del archivo "Shape" del aviso. Al hacer esto se suspende temporalmente la búsqueda de más avisos y se ejecuta automáticamente el proceso de evaluación del aviso encontrado.

A partir de la información obtenida, el sistema revisa la trayectoria del huracán y verifica que ésta se encuentre en la zona de influencia de México, delimitada por una distancia de 200 km a partir de la costa de la república mexicana (ver Figura 7).

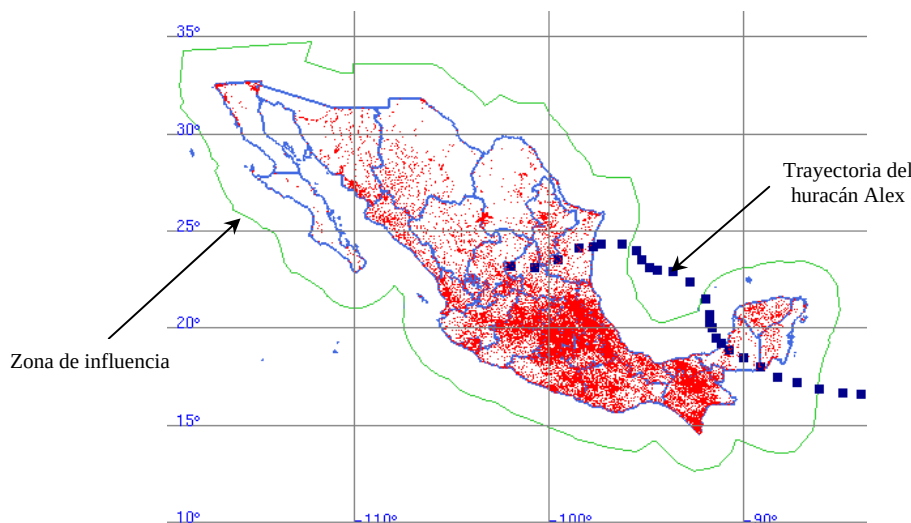


Figura 7 Trayectoria del huracán Alex y zona de influencia del sistema

Si el huracán no está en la zona de influencia, el sistema no realiza ningún cálculo y continúa monitoreando hasta encontrar nueva información. En caso contrario, en el cual el huracán sí está dentro de la zona de influencia, el sistema comienza el proceso de evaluación de riesgo. Para lo anterior, el sistema realiza los siguientes pasos:

1. El sistema comienza con la generación del archivo de amenazas para el huracán
2. Calcula la intensidad de los diferentes peligros del huracán para los nuevos datos del huracán
3. Estima las consecuencias sobre una base de datos cualquiera pre-cargada a nivel de inmueble
4. Obtiene los resultados con todo detalle con la posibilidad de realizar algunas consultas, de manera externa, sobre las afectaciones esperadas
5. Los resultados se guardan en una carpeta local de la máquina, para que posteriormente el usuario pueda extraerla de dicho sitio.

Al terminar la evaluación y obtención de resultados, el sistema comienza de nuevo con el proceso de monitoreo en busca de nueva información en la dirección FTP de la NOAA.

Cuando el sistema está en funcionamiento, ya no es necesario que algún usuario permanezca constantemente al pendiente del programa. A partir del momento del inicio del monitoreo el sistema es capaz de mantenerse funcionando por sí mismo de tal forma que recibe, descarga y procesa los archivos correspondientes a los avisos de la NOAA. En temporada de huracanes los avisos se actualizan cada seis horas.

Sólo en casos especiales, por ejemplo: falta de suministro de energía eléctrica, o alguna falla técnica de la computadora, será necesaria de nuevo la intervención del usuario, para arrancar nuevamente el sistema.

RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir de la evaluación de pérdidas mediante la estimación de riesgos que realizó el sistema para la base de datos expuesta correspondiente a la Secretaría de Salud (SSA) y para los últimos seis avisos del huracán Alex (ocurrido en junio del 2010).

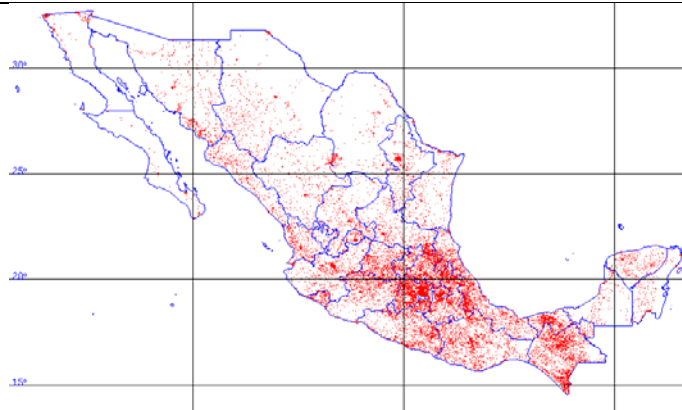


Figura 8 Archivo de exposición de la Secretaría de Salud pública SSA

La base de datos de la Secretaría de Salud (SSA) cuenta con información de más de 26,000 unidades médicas georeferenciada que permiten conocer las características de las construcciones como el sistema estructural, año de construcción, número de pisos entre otros.

En la Figura 8 se presenta en un mapa de la República Mexicana, con puntos color rojo, la ubicación geográfica de las unidades médicas en el país, que corresponden a: 1,128 Establecimientos de apoyo, 367 Establecimientos de asistencia social, 20,754 Unidades de consulta externa y 3,767 Unidades de hospitalización. Se puede observar que las unidades médicas se concentran al centro del país y en la zona sureste donde las instalaciones prestan atención a la población en caso de emergencia ante un fenómeno natural como ciclón tropical.

En las siguientes imágenes (de la 9 a la 14), se muestra la trayectoria del huracán Alex y el campo de vientos de sus últimos seis avisos; se muestra también, para cada uno, la estimación de pérdidas que se obtuvo con el sistema mediante gráficas de pastel. En estas gráficas se muestran solo los estados cuyas estimaciones de pérdidas superaron los \$500,000.00 pesos, se puede ver que desde que el huracán Alex está por tocar tierra en el estado de Tamaulipas las pérdidas en ese mismo estado son mayores que en los demás estados.

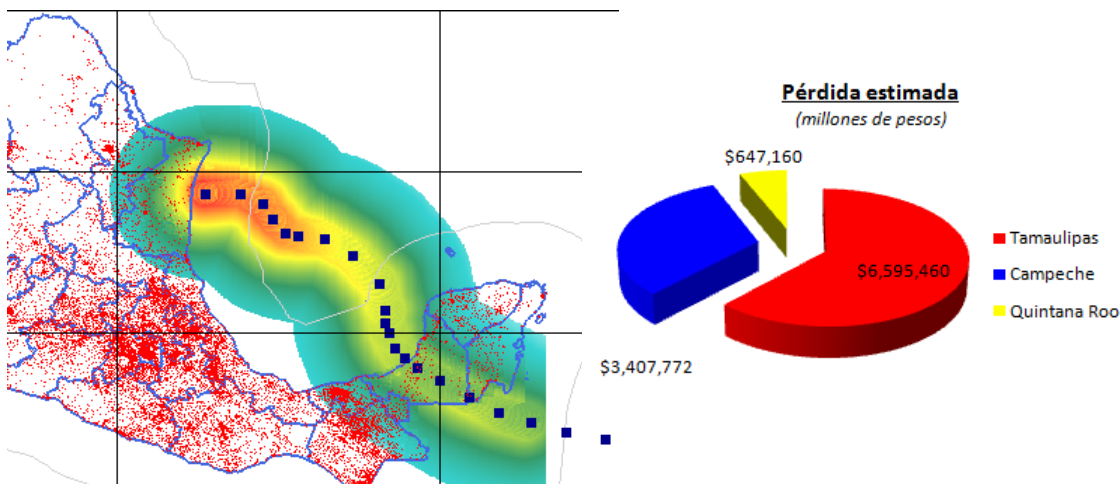


Figura 9 Campo de vientos y pérdida estimada para el aviso 27 del huracán Alex

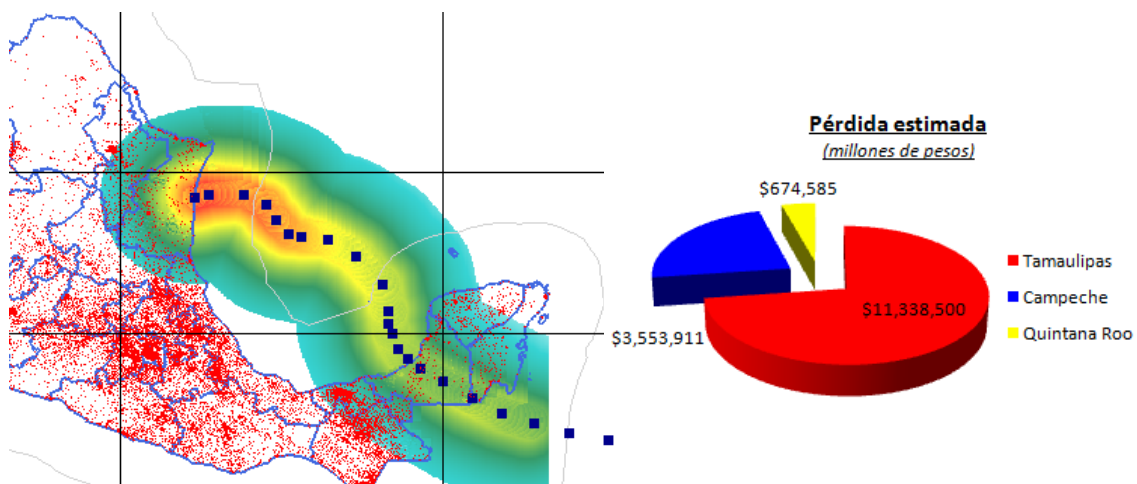


Figura 10 Campo de vientos y pérdida estimada para el aviso 28 del huracán Alex

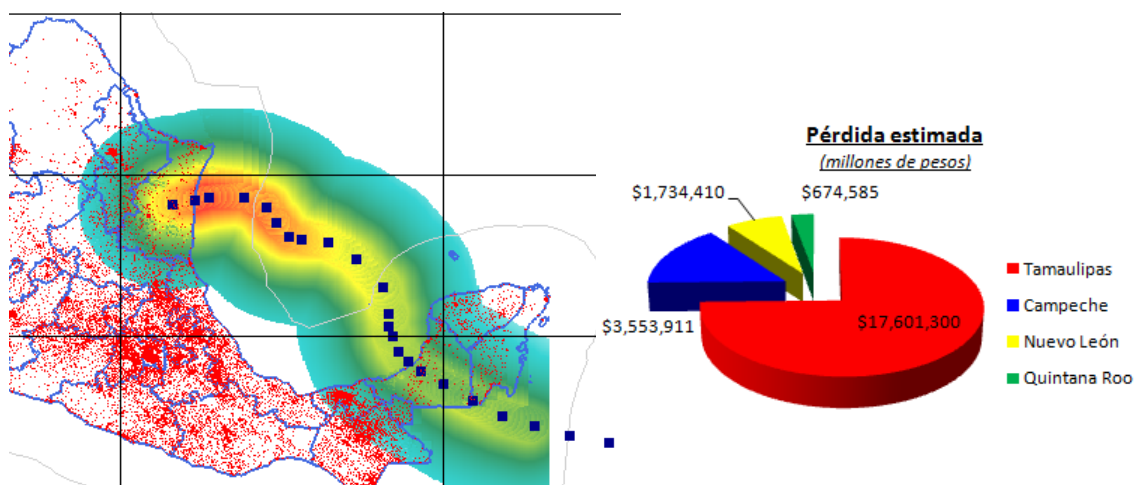


Figura 11 Campo de vientos y pérdida estimada para el aviso 29 del huracán Alex

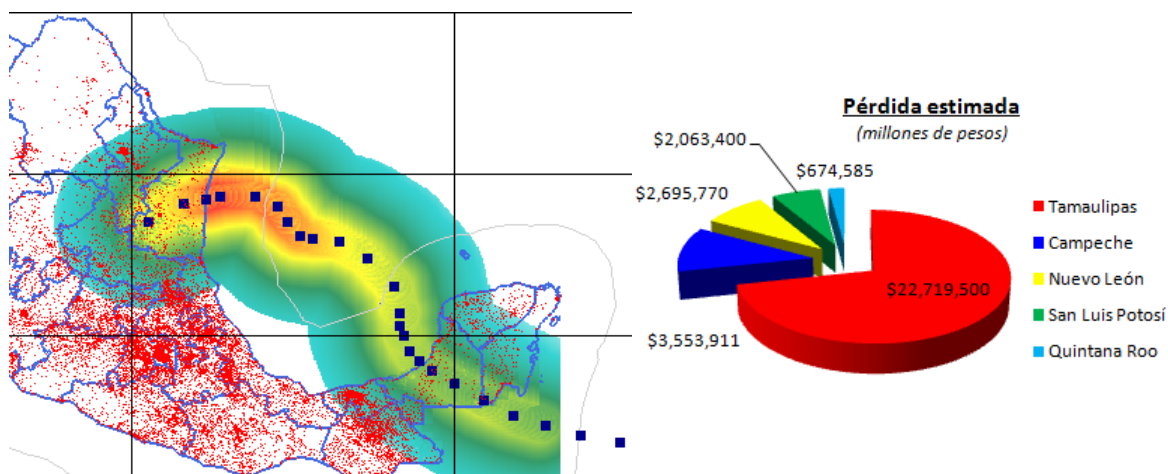


Figura 12 Campo de vientos y pérdida estimada para el aviso 30 del huracán Alex

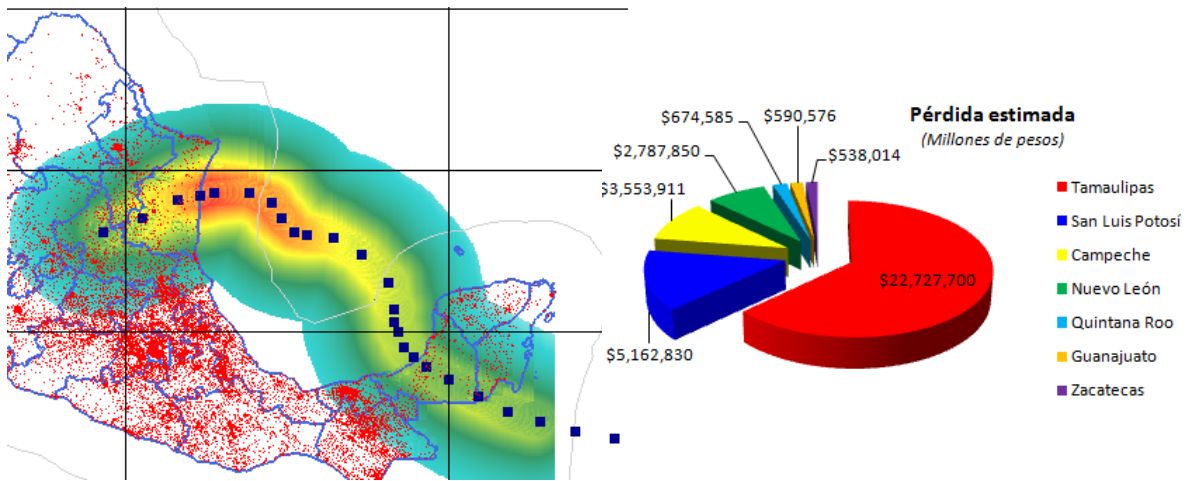


Figura 13 Campo de vientos y pérdida estimada para el aviso 31 del huracán Alex

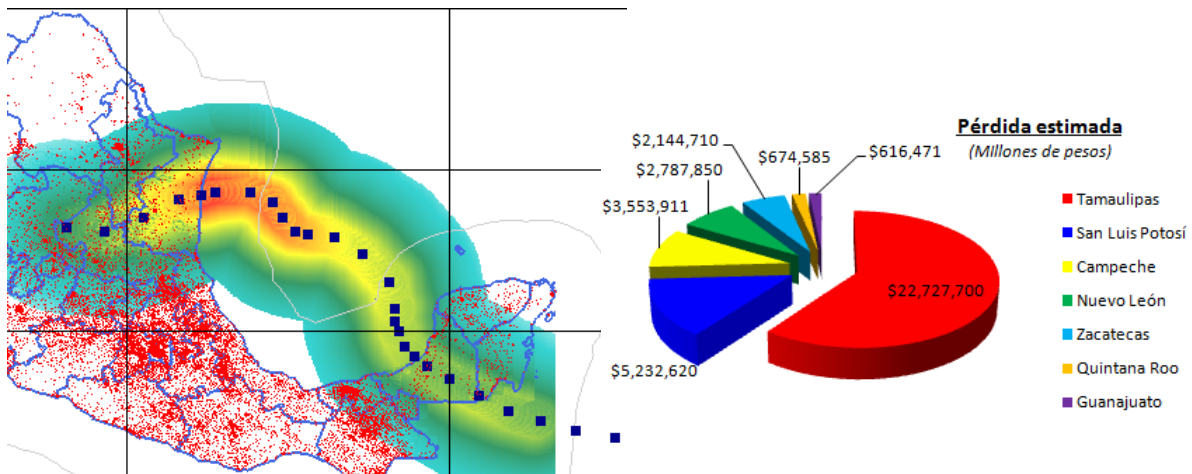


Figura 14 Campo de vientos y pérdida estimada para el aviso 32 del huracán Alex

Como puede apreciarse en los resultados mostrados, la mayor pérdida estimada se obtuvo para el estado de Tamaulipas seguido de San Luis Potosí; es importante aclarar que la estimación de pérdidas se hizo con el modelo de huracán para dos peligros: viento y marea de tormenta. En esta etapa de desarrollo el sistema aún no tiene implementado la evaluación por el peligro de inundación que es el que históricamente ha producido mayores pérdidas en el estado de Nuevo León por la gran cantidad de lluvia que estos fenómenos provocan.

Como parte de los resultados el sistema crea varios archivos “Shape”, uno de ellos con toda la información de la base de datos expuesta (SSA) y la pérdida esperada para cada inmueble, otro más con las agrupaciones de las pérdidas en cada polígono de las unidades de riesgo, en la Figura 15 se muestran los polígonos de los municipios de todo el país con escala de colores donde el rojo significa mayor pérdida acumulados por unidad de riesgo.

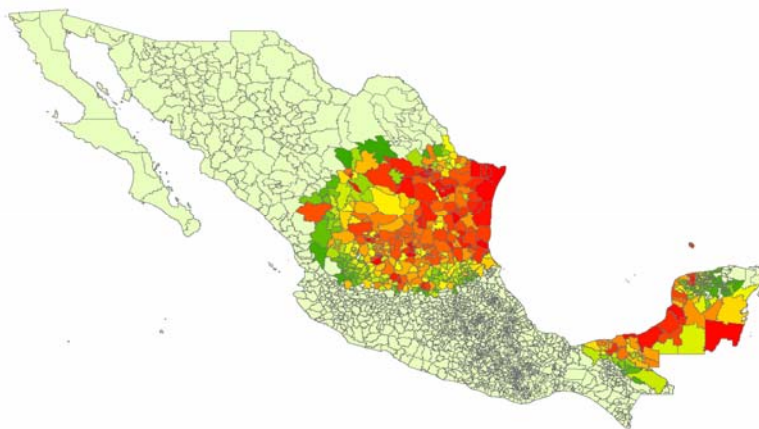


Figura 15 Pérdidas acumuladas por unidad de riesgo (municipios)

El sistema también obtiene un archivo tipo imagen con la información de las pérdidas rasterizadas o agrupadas por pixel, como se muestra en la Figura 16.

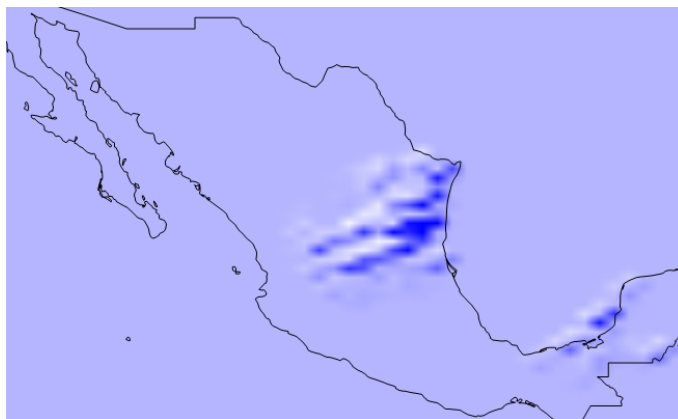


Figura 16 Archivo de imagen con la visualización de pérdidas rasterizadas

CONCLUSIONES

Para la estimación de pérdidas por huracán se requiere contar con un modelo catastrófico que refleje adecuadamente las características de cada peligro involucrado, lo que remarca la necesidad de utilizar un modelo de huracán propio para nuestro país. También se considero la información más completa de las bases de datos correspondientes a la exposición material y humana en territorio mexicano y sus vulnerabilidades con el propósito de tener evaluaciones confiables del riesgo.

Los esfuerzos enfocados en la modelación del peligro han crecido; sin embargo, aún es necesario contar con información más detallada de los inmuebles para evaluar con mayor precisión las pérdidas por huracán y conocer el riesgo de la infraestructura con la finalidad de tomar medidas que coadyuven en la protección de la misma.

Para el desarrollo del sistema se han incluido los mejores documentos y modelos que están al alcance y que forman parte de este proyecto. Sin embargo, los resultados que arroja el mismo son de índole probabilístico y constituyen sólo indicaciones de los posibles resultados de eventos de huracán a la luz del estado actual del conocimiento. De manera que, el sistema reportará resultados que no constituyen predicciones ciertas de un futuro dictado por resultados predecibles de eventos catastróficos. Aún con las limitaciones e incertidumbre

que los modelos de riesgo pueden presentar, éstos representan las mejores herramientas que existen, hasta el momento, para medir el impacto de un fenómeno natural como el analizado en este trabajo.

REFERENCIAS

Avelar F.C. (2007), **“Validación de un modelo para estimar pérdidas esperadas por escenarios de huracán en México”**, Memorias del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.

Avelar C.E., Hernández J.J. y Huerta B. (2009), **“Nuevas tecnologías de información para estudios de atlas de riesgo”**, XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puebla, Puebla.

Huerta B., Vega B.E. y Avelar C.E. (2006), **“Caracterización del daño causado a estructuras y contenidos por inundaciones fluviales y costeras”**, XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Puerto Vallarta, Jalisco.

Huerta B., Ordaz M.G., Reinoso, E., Avelar C.E., Torres M.A., Zeballos A., Osuna, E., Martínez I. y Hernández J.J. (2007), **“Sistema experto para la evaluación de pérdidas por riesgos hidrometeorológicos en México”**, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.

Huerta B., Ordaz, M.G., y Avelar C.E. (2008), **“Sistema para la evaluación de riesgos naturales en América Central”**, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Veracruz.

Jaimes M.A., Reinoso, E., Huerta, B. y Zeballos, A. (2008). **“Estimación de pérdidas en viviendas en pobreza patrimonial por sismo, inundación y ciclón tropical en la República Mexicana”**, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Veracruz.

Jaimes M.A., Reinoso, E., Ordaz, M.G., Huerta B., Avelar C.E. y Niño M. (2009), **“Mapas de pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y huracanes”**, XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puebla, Puebla.

Jaimes M.A., Reinoso, E., Huerta B. y Niño M. (2011), **“Vulnerabilidad de vidas y afectados debido a huracanes”**, XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Aguascalientes, Aguascalientes (esta memorias).

Ordaz, M., Miranda E., Reinoso E. y Mendoza C. (1999), **“Sistema experto para la evaluación de pérdidas por sismo en México”**, XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia-México, pp 982-991.

Ordaz, M. (2000), **“Metodología para la evaluación del riesgo sísmico enfocada a la gerencia de seguros para terremoto”**, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.

Reinoso E., Ordaz M.G., Huerta B., Zeballos A., Avelar C.E. y Hernández J.J. (2006), **“Metodología para el cálculo de pérdidas en edificios y naves industriales ante fenómenos hidrometeorológicos ocurridos en México”**, XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Puerto Vallarta, Jalisco.