

## Anexo 2

### I. Nombre del Proyecto de Investigación

Estudio para regionalizar los gastos generados por avenidas máximas, como base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales en todas las cuencas de la República Mexicana.

### II. Requisitos de elegibilidad técnicos y administrativos

#### a) Elegibilidad técnica:

En este trabajo se hará el análisis estadístico de las lluvias máximas históricas en más de 2000 estaciones pluviométricas y de los escurrimientos máximos en más de 300 estaciones hidrométricas, con el fin de desarrollar modelos que permitan estimar la probabilidad de que los gastos máximos superen distintos umbrales, en función de características fisiográficas y de precipitación de las cuencas de aportación. Dado que estas características se pueden obtener para cualquier cuenca del país, los modelos permitirán estimaciones confiables de gastos máximos para periodos de retorno de hasta 500 años para cualquier cuenca de México.

El estudio está orientado a proporcionar herramientas que ayuden a evaluar el peligro de inundaciones fluviales en cualquier cuenca de la República Mexicana, dado que permitirá estimar la función de distribución de probabilidades de los gastos máximos anuales. Como ya se mencionó, será aplicable en cualquier cuenca con sólo conocer sus características fisiográficas.

La estimación de valores máximos del escurrimiento en todos los sitios no aforados es un reto muy importante por resolver. El análisis regional permite hacer agrupaciones de sitios con comportamiento hidrológico estadísticamente similar (escurrimientos o precipitaciones), con lo que se logra la construcción de registros lo más grande posibles para obtener una función de distribución de probabilidades de toda la zona considerada (Domínguez et al. 2012). Por otra parte, al relacionar estos resultados con las características fisiográficas y de precipitación de las cuencas, es posible deducir datos en sitios con escasa o nula información, a partir de los obtenidos en los sitios aforados (Domínguez et al., 2013).

Se elaborarán mapas temáticos con al menos los siguientes aspectos: los indicadores de capacidad de infiltración para toda la república; las precipitaciones diarias máximas anuales, los tiempos de concentración y las capacidades de infiltración promedio, para cada una de las más de 300 cuencas y los factores regionales asociados a distintos periodos de retorno, para cada región hidrológica. Los mapas temáticos podrán ser insertados en forma de capas en el Atlas de Riesgo.

**b) Elegibilidad administrativa:**

Conforme a lo señalado en el oficio de solicitud, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), como instancia técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil se encuentra plenamente acreditado e identificado ante los órganos decisorios del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) y su Representante Legal cuenta con las atribuciones necesarias a fin de garantizar la adecuada ejecución del mismo.

El objetivo del Proyecto de Investigación se apega a lo establecido en la fracción I del artículo 48 de las ROFOPREDEN, el cual señala que la Subcuenta proporcionará financiamiento para los estudios o investigaciones orientados a generar y mejorar el conocimiento sobre los Fenómenos Naturales Perturbadores.

**III. Monto del financiamiento con cargo a la Subcuenta de Investigación del FOPREDEN**

\$4, 300,000.00 (Cuatro millones trescientos mil pesos 00/100 m.n.)

**IV. Términos de referencia del Proyecto de Investigación:**

**a) Objetivo General del Proyecto de Investigación**

Obtener modelos confiables que, a partir de las características fisiográficas y de precipitación asociadas a cualquier cuenca de México, permitan estimar los gastos máximos anuales para periodos de retorno de 500 años o menores, los cuales servirán de base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales.

**b) Objetivos Específicos del Proyecto de Investigación**

Los objetivos específicos son:

1. Diagnóstico de las inundaciones en México, así como de la disponibilidad y confiabilidad de la información hidrométrica y pluviométrica;
2. Análisis estadístico regional de las precipitaciones máximas anuales registradas en más de 2000 estaciones pluviométricas;
3. Análisis estadístico regional de los gastos máximos anuales registrados en más de 300 estaciones hidrométricas;
4. Elaboración de modelos regionales para estimar la media de los gastos máximos anuales en función de las características fisiográficas y de precipitación de sus cuencas; y
5. Estimación regional de la función de distribución de probabilidades de los gastos máximos anuales.

**c) Descripción detallada del escenario de peligro, vulnerabilidad y/o riesgo que se debe estudiar o resolver, a través de la ejecución del Proyecto de Investigación**

Las inundaciones fluviales se producen siempre que el gasto máximo generado a la salida de una cuenca sea mayor que la capacidad del cauce en ese sitio. Adicionalmente, una vez que esta capacidad se supera, la magnitud de la inundación y de la afectación a los sistemas expuestos (áreas de cultivo, zonas urbanas, infraestructura de comunicaciones, educativa, de salud, etc., que estén cerca de las márgenes de cualquier río en la República Mexicana) es función de la magnitud del gasto máximo, de tal manera que para la estimación del riesgo de inundación es indispensable conocer la función de distribución de probabilidades de los gastos máximos anuales.

El total de daños y pérdidas producidos por fenómenos hidrometeorológicos ocurridos durante 2012 fue de 15,265.9 millones de pesos. El 2012 se convirtió en el séptimo año más costoso para el país (véase la Tabla 1 y la Figura 1).

Por otra parte, en la República Mexicana la información climatológica es considerablemente mayor que la hidrométrica, al 2012 México contaba con 3,817 estaciones climatológicas oficiales operadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), mientras que las estaciones hidrométricas son 1471 de las cuales se seleccionaron 309 con 20 o más años de registro y cuyo funcionamiento no está alterado con obras hidráulicas (CONAGUA, 2014).

La CONAGUA en su publicación electrónica Estadísticas del Agua, 2013 destaca los aspectos geográficos y sociodemográficos del país. El documento describe la situación de los recursos hídricos, la definición de cuenca y la organización de las cuencas del país en 37 regiones hidrológicas.

En esta publicación aparece un mapa de la distribución de la precipitación anual en México en el periodo de 1971 al 2000. Se tiene también un mapa que indica los huracanes más intensos de 1970 a 2012 categorías H3 a H5 en la escala de Saffir-Simpson. Las precipitaciones pluviales intensas, aunadas a factores como la topografía, el uso del suelo y el estado de la cubierta vegetal, pueden generar inundaciones. El documento en mención hace referencia a la base de datos sobre las declaratorias de emergencia, desastre y de contingencia climatológica que recopila el CENAPRED, la cual permite ilustrar con un diagrama la distribución de los municipios con declaratorias debidas a ciclones, lluvias o inundaciones y que han recibido apoyos a través del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) o del Programa para Atender Contingencias Climatológicas (PACC). También presenta un mapa con los principales ríos de México, con sus características más importantes (escurrimiento natural medio superficial en millones de m<sup>3</sup>/año, el área de la cuenca, la longitud del río en km y su orden máximo, trata de la infraestructura hidráulica (presas, bordos, acueductos, distritos de riego, plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento, de la atención de emergencias y de protección contra inundaciones).

Tabla 1

Año	Muertos	Total de daños (millones de pesos)	Millones de dólares corrientes
1999	480	11,604.00	1,214.00
2000	100	2,020.00	213.00
2001	163	2,417.00	259.00
2002	120	10,764.00	1,105.00
2003	138	4,268.00	394.00
2004	104	715.00	63.00
2005	203	45,096.00	4,148.00
2006	220	4,373.00	401.00
2007	187	49,422.00	4,523.00
2008	148	13,890.00	1,239.00
2009	100	14,042.00	1,039.00
2010	199	82,540.00	6,598.00
2011	164	39,544.00	3,181.00
2012	140	15,266.00	1,157.00
Total	2466	295,961.00	25,534.00

Fuente: CENAPRED: Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2012.

d) Características de los entregables que se espera obtener como resultado de la ejecución del Proyecto de Investigación

Informe final (reporte electrónico) en el que se describirá el proceso de depuración y análisis estadístico de la información registrada en más de 300 estaciones hidrométricas y más de 2000 estaciones pluviométricas; el análisis regional que permita una estimación congruente y confiable de las funciones de distribución de probabilidades de los gastos máximos anuales en más de 300 cuencas con mínimas afectaciones por obras

hidráulicas y se formularán modelos que permitan estimar la función de distribución de probabilidades de los gastos máximos anuales generados para cualquier cuenca de la República Mexicana, aun cuando no cuente con un registro histórico de gastos aforados. El informe final contendrá mapas temáticos con al menos los siguientes aspectos: los indicadores de capacidad de infiltración para toda la república; las precipitaciones diarias máximas anuales, los tiempos de concentración y las capacidades de infiltración promedio, para cada una de las más de 300 cuencas y los factores regionales asociados a distintos periodos de retorno, para cada región hidrológica. Los mapas resultantes serán incorporados al Atlas Nacional de Riesgos (ANR).

**e) Forma y medio en que deberán ser entregados los resultados del Proyecto de Investigación**

El entregable será presentado en medio digital, a fin de facilitar su análisis y procesamiento. Los mapas temáticos se entregaran en medio digital en formato shp.

**f) Plazo máximo para el desarrollo del Proyecto de Investigación;**

18 meses, en función de la fecha de inicio del Proyecto de Investigación.

**g) Programa de la ejecución del gasto del Proyecto de Investigación**

Se adjunta Programa de Actividades, Plazos y Costos.

**h) Calendario de entrega de reportes trimestrales**

A más tardar el último día hábil de los meses 3, 6, 9, 12, 15y 18, en función de la fecha de inicio del Proyecto de Investigación.

**i) Criterios considerados para la evaluación del Proyecto de Investigación**

1. Integralidad, coherencia y pertinencia de la información que analizada.
2. Cobertura geográfica acorde con las necesidades del análisis de lluvias y gastos máximos.
3. Precisión de los datos de gastos máximos para diferentes periodos de retorno.
4. Compatibilidad de la información entregada con la plataforma del ANR.