

# PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RESILIENCIA ANTE INUNDACIONES EN TABASCO, MÉXICO

Juan Javier Carrillo Sosa, Jorge Fernando González Villarreal y Navarrete Luis Samayoa

Universidad Nacional Autónoma de México, México, 52155 56233500 ext. 1659  
JCarrilloS@ingen.unam.mx, FGonzalezV@ingen.unam.mx, SNavarreteL@ingen.unam.mx

## Resumen

El estado de Tabasco en el sureste mexicano es afectado severamente por lluvias convectivas invernales. Ha tenido tres grandes inundaciones en años recientes 1999, 2007 y 2010 y los daños acumulados en los últimos 20 años por este fenómeno suman casi 60 mil millones de pesos (3,200 millones de dólares). La más grande inundación en este período ocurrió en 2007 con 31 mil millones de pesos en daños (1,650 millones de dólares), un área inundada de 17,000 km<sup>2</sup> y 1'400,000 habitantes afectados.

A partir de la inundación de 1998 se han realizado tres documentos de planeación en los que se ha apoyado la gestión de riesgo por inundaciones en el estado: El Plan Integral contra Inundaciones (PICI), El Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) y el Estudio para aprovechar mejor el agua y reducir el riesgo por inundaciones en Tabasco (PROHTAB). De estos estudios se han derivado acciones tanto estructurales como no estructurales, pero a pesar de esos esfuerzos y de las cuantiosas inversiones que se han efectuado (de 2015 a la fecha se han invertido 18,528 millones de pesos, equivalente a 990 millones de dólares) prevalece un riesgo residual que pone en riesgo a casi medio millón de habitantes, cifra que se incrementa si se considera que el sistema de protección está diseñado para un periodo de retorno de 100 años y de presentarse un evento de lluvia de mayores dimensiones, por ejemplo uno asociado a un Tr de 500 años, el número de habitantes afectados tan solo en la zona conurbada de Villahermosa sería de 684,482.

## Riesgo residual

Las acciones y estrategias para la reducción del riesgo por inundación nunca lo eliminan del todo, siempre prevalece un riesgo denominado residual que genera daños y afectaciones que normalmente afectan a las zonas de mayor vulnerabilidad.



Figura 1.- Herramientas para la reducción de riesgo.

## Estrategia propuesta para el desarrollo de la resiliencia

Los pasos para la construcción de la resiliencia que se plantearon fueron:

- **Generar el marco institucional y administrativo** (Conformación de un grupo interinstitucional).
- **Disponer de financiamiento y recursos** (Fondos para desastres, seguros, otros mecanismos de financiamiento).
- **Conocer y evaluar los riesgos y multiamenazas** (Elaborar diagnóstico del riesgo residual y el riesgo asociado a períodos de retorno de 500 y 1,000 años).
- **Proteger, mejorar e incrementar la resiliencia de la infraestructura** (Mantenimiento de infraestructura de protección).
- **Proteger las instalaciones vitales:** educación y salud (Sectorizar el riesgo).
- **Contar con reglamentación de la construcción y planificar el ordenamiento territorial** (Atlas de riesgo, reglamentos de construcción, plan de desarrollo urbano) Capacitar, educar y fomentar la cultura y la conciencia pública (Organización, información y comunicación).
- **Operar la infraestructura con bajo riesgo** (Manejo de presas).
- **Prepararse para las contingencias**, contar con un sistema de alerta temprana y tener un plan con respuestas eficaces.
- Fortalecer la capacidad de recuperarse y reconstruir las comunidades.

## Fortalecer la gobernanza

En México, el Estado es el responsable de las acciones para garantizar la seguridad de la población en caso de desastres (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y Ley General de Protección Civil), a través del Consejo de Seguridad Nacional, en donde participan representantes de las distintas Secretarías de Estado y los Gobiernos Estadales; y del Sistema Nacional de Protección Civil.

Una acción importante que permitirá fortalecer gobernanza en materia de seguridad hídrica y construcción de la resiliencia en México, es la creación en México de un centro regional categoría 2 de la UNESCO en materia de seguridad hídrica, aprobado por la ONU a finales de 2017, y con la participación del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y donde se pretende abordar entre otros temas el de la creación y fortalecimiento de la resiliencia en el país ante desastres.

## Conocimiento del riesgo

Mediante el modelo matemático para simulación de flujo bidimensional de código libre, Iber, [ref.1] se realizó la simulación del tránsito de las avenidas para un periodo de retorno de 500 años en una zona que comprende al municipio de Centro (cuyo principal núcleo de población es la ciudad de Villahermosa) y parte del municipio de Nacajuca. Los resultados se presentan en la figura 2.

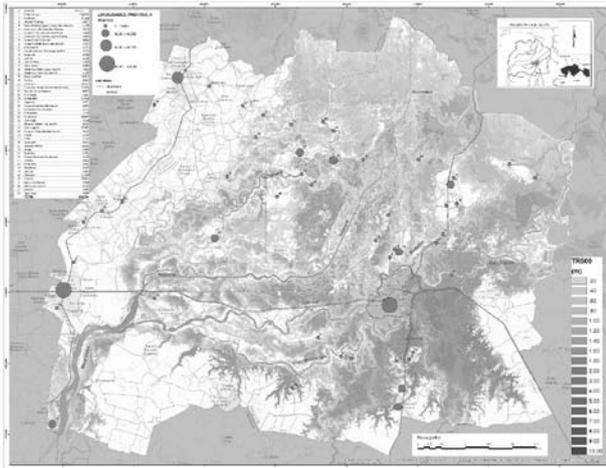


Figura 2.- Zona inundable con una lluvia asociada a un Tr de 500 años.

### Plataformas de seguridad y comunicación terrestre

Se han identificado las comunidades que durante una inundación quedarían incomunicadas por lo que se propuso una red de vialidades que habría que sobre-elevar para permitir el traslado a plataformas de seguridad, que consisten en terraplenes ubicados a una cota por encima del nivel máximo que alcanzará la inundación. De acuerdo con los análisis realizados se distinguen 4 zonas principales en donde en cada una de ellas se ubica un terraplén y se construye un centro de atención comunitario (Figura 3).

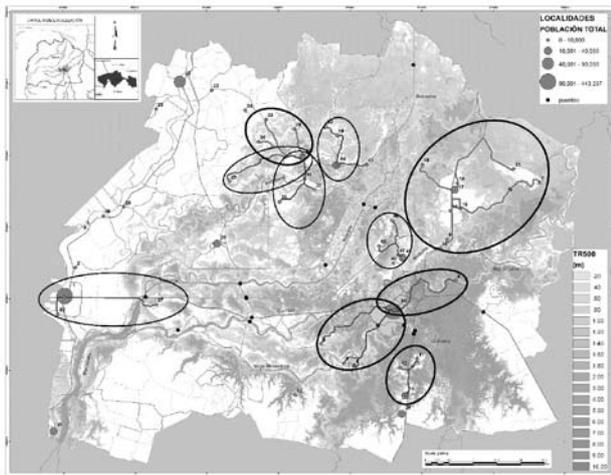


Figura 3.- Identificación de centros comunitarios para la atención de emergencias.

### Abastecimiento de agua potable

Para garantizar el suministro de agua durante una inundación se ha planteado que en cada centro comunitario de atención de emergencias se cuente con una planta potabilizadora portátil. Estas plantas pueden producir hasta 100 litros por minuto. Con base en la dotación de 20 l/hab/día (Howard, et. al) y considerando una población a abastecer de 684,482 se tiene que el requerimiento para potabilización de agua es de 158.4 l/s. Se supuso que las plantas portátiles podrían operar durante 6 horas diarias por lo que la capacidad requerida de producción es de equivalentes a 638 l/min en total, con lo cual se requieren de 7 plantas (Figura 5)

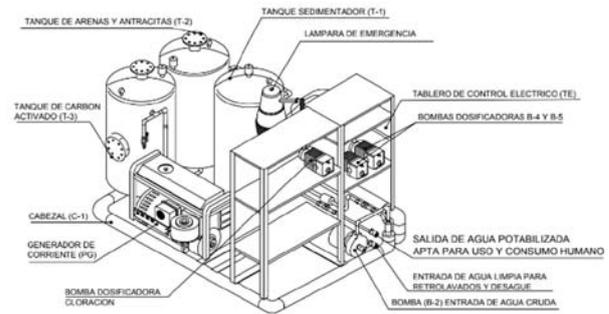


Figura 4.- Esquema de planta potabilizadora portátil (Cortesía de ESAL).

### Conclusiones

La construcción de la resiliencia requiere de una coordinación estrecha entre varios representantes del gobierno, la sociedad, la iniciativa privada y la academia. La inversión de recursos enfocados a la prevención, la planeación y la construcción de la resiliencia, permite reducir los daños y aumenta la recuperación de las condiciones estables de un entorno urbano. La adaptación a las condiciones naturales locales representa una solución viable con respeto a soluciones enfocadas a modificar el entorno mediante la construcción de infraestructura. Para el caso de estudio, de implementarse la estrategia de construcción de resiliencia redundaría en la reducción de riesgo para casi 650 mil personas además de otros beneficios secundarios (Figura 5).



Figura 5.- Beneficios de la construcción de la resiliencia.

### Referencias Bibliográficas

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) "Estudio de factibilidad del proyecto integral contra inundaciones en Tabasco". México, 2000.
- González V. Fernando, Carrillo Sosa J. "Plan Hídrico Integral de Tabasco", Comisión Nacional del Agua, México, 2010.
- González V. Fernando, Carrillo Sosa J. "Estudio para el proyecto hidrológico para proteger a la población de inundaciones y aprovechar mejor el agua (PROHTAB), en el estado de Tabasco", Comisión Nacional del Agua, México, 2015
- UN-Habitat at the World Conference on Disaster and Risk Reduction (WCDRR), World Conference on Disaster Risk Reduction, 2015, Sendai Japan. <https://unhabitat.org/urban-themes/resilience/>
- Universidad de A Coruña, Universitat Politècnica de Catalunya, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, (2016), IBER Modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo en lámina libre y procesos de transporte en ríos y estuarios, España. [www.iberaula.es](http://www.iberaula.es)
- Guy Howard, Jamie Bartram, Domestic Water Quantity, Service Level and Health, World Health Organization, ONU, 2003