

DRAGADO DEL RÍO GRIJALVA PARA MEJORAMIENTO HIDRÁULICO Y CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS CONTRA INUNDACIONES

Manuel M. Cabrera Delgadillo y Guillermo Leal Báez

INESPROC, S.A. DE C.V. Calle Santa Catalina No. 318, Colonia Insurgentes San Borja, C.P. 03100, Ciudad de México, México.
E-mail: manuel.cabrera@inesproc.mx, inesproc@prodigy.net.mx

Introducción

En el sureste mexicano se ubica el estado de Tabasco, rico en gran variedad de recursos naturales, debido a su posición geográfica y una precipitación media anual estatal de 2 550 mm anuales, las lluvias se presentan todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre. En la parte alta de la cuenca la precipitación media anual alcanza los 4,000 mm, la mayor de México, lo que alimenta al segundo río más caudaloso del país, el mayor productor de energía hidroeléctrica y el principal de la vertiente del Golfo de México, el Grijalva-Usumacinta con un escurrimiento medio anual superficial de 101 517 hm³/año, con un área de cuenca de 83 553 km² y longitud de cauce de 1521 km. Es un cauce que sirve de límite estatal entre los estados de Chiapas y Tabasco, adentrándose en este último para seguir hacia la ciudad de Villahermosa (Tabasco).

Cuando se combinan un sistema tropical con la entrada de frentes fríos, se ocasionan severas inundaciones que provocan grandes pérdidas materiales que frenan el desarrollo y limitan el potencial económico en la planicie baja del territorio tabasqueño, donde se ubica la ciudad de Villahermosa, antes del amplio delta pantanoso llamado Pantanos de Centla.

El historial de inundaciones provocadas por el Grijalva, han impulsado fuertes inversiones en estructuras para el control de inundaciones, en especial por la inundación acaecida el 27 de octubre de 2007, que es considerada como el evento de desastre natural más grave enfrentado por el estado mexicano de Tabasco en 50 años, al grado de ser comparada con la devastación que causó el Huracán Katrina en 2005 en Nueva Orleans, Estados Unidos. Llevando al estado mexicano desde entonces al desarrollo de importantes estructuras de control fluvial, como bordos y escotaduras que permiten desviar el flujo a zonas inundables, resaltando la estructura de Control "El Macayo", ubicada sobre el río Carrizal, que opera desde el año 2013 y tiene como objetivo regular las grandes avenidas de agua para reducir la probabilidad de un desbordamiento e inundación de la zona urbana de Villahermosa (Gonzalez, 2014).

En su seguimiento la Comisión Nacional del Agua (Conagua), encomienda a INESPROC, S.A. de C.V., el "Estudio Y Proyecto Ejecutivo Para El Dragado Del Río Bajo Grijalva Y Formación De Plataformas De Seguridad, Tramo III, Municipio De Centro, Estado De Tabasco", tendiente a conformar un proyecto integral de protección contra inundaciones en la planicie del río Grijalva, a través de ubicar plataformas para el refugio de los habitantes vecinos al cauce, con una altura que garantice no ser alcanzadas por un alto nivel del cauce, mientras dure la afectación a los centros poblacionales. Plataformas construidas con el uso del material del fondo del cauce, producto del dragado del río Grijalva, que mejora la capacidad de conducción hidráulica del tramo encomendado.

Objetivo

Describir las labores realizadas en campo para reconocer las condiciones actuales de la zona de estudio, como fueron los trabajos de levantamiento topográfico y de geotecnia. Detallar el análisis hidráulico de la zona de estudio y la propuesta del canal de dragado para obtención de material e incremento de la capacidad de conducción hidráulica.

Exponer los criterios de ubicación y geometría de las plataformas de seguridad como un lugar de resguardo para la población en caso de inundaciones.

Describir el proyecto de dragado del Río Bajo Grijalva en el Tramo III, que mejora la capacidad hidráulica en una longitud aproximada de 4 300 m.

Introducción

En marzo de 2014, el Gobierno del Estado de Tabasco y la Conagua, celebraron un convenio para la creación del Proyecto Hidrológico Para Proteger a la Población de Inundaciones y Aprovechar Mejor el Agua (PROHTAB), cuyo objetivo en materia de infraestructura hidroagrícola es realizar obras y acciones para disminuir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y aprovechar mejor el agua. Con el que se planifican las obras y acciones para el control de inundaciones, el aprovechamiento de agua con fines productivos y el mejoramiento de sistemas de drenaje y alcantarillado.

Existen en la actualidad zonas en el Estado de Tabasco con características que dificultan la implementación de acciones estructurales que pudieran desarrollarse para proteger la población de los fenómenos hidrometeorológicos, cuando se presentan lluvias excesivas y derivan en inundaciones fluviales o pluviales, siendo terrenos bajos en el orden de los 3 msnm y menores, entre bordos de protección y cercanos a escotaduras, sensibles a niveles altos del río Grijalva.

Las características referidas, presentan también dificultad para su ingreso, al ubicarse en lugares con abundantes cuerpos de agua, accesibles sólo mediante transporte fluvial, es por ello, que deben ubicarse en su cercanía plataformas de seguridad, donde se puedan instalar albergues para resguardo de los habitantes y recibir la debida atención por ser afectados en sus casas, bienes y actividades productivas.

Ante la escasez de materiales pétreos manufacturados, por razones económicas, distancia y calidad, se considera el uso de material sedimentado en el cauce, como base para la construcción de las plataformas de seguridad. Material de construcción obtenido de forma directa del cauce, mediante un dragado que lo mismo sirva para mejorar la capacidad de conducción hidráulica del río Grijalva.

Labores de campo

Con toda la información recabada de las actividades ejecutadas dentro de este proyecto, como fueron los trabajos de posicionamiento GPS, trazo y nivelación de una poligonal de apoyo de 4 300.79 m, secciones transversales a eje de cauce a cada 20 m, complementadas en lo terrestre, con secciones topo batimétricas y colocación de referencia monumentada o mojoneeras, se elaboró una planta topográfica de la zona de estudio, la cual fue plasmada a escala 1:2,000 para la mejor definición de los puntos importantes del sitio. Ésta fue realizada con el programa AutoCad, la cual contiene, Vértices GPS, Bancos de Nivel con su descripción, así como el Cuadro de Coordenadas de la poligonal, etc.

Referente a los trabajos de geotecnia, se tomaron 4 muestras de sedimento del lecho del cauce del río Grijalva en los km 0+480, 1+800, 2+960 y 3+920 respectivamente del proyecto antes mencionado. Encontrando de forma predominante material fino

(Arcilla y limo) en las muestras obtenidas y sus características físicas son muy variables: Humedad de 55.93 a 98.81 %, Arena de 0 a 48%, finos de 52 a 100%, densidad de sólidos de 2.70 a 2.73, peso volumétrico seco suelto de 800 a 1000 kg/m³, peso volumétrico seco máximo de 1595 kg/m³ y humedad óptima de compactación de 16% (de acuerdo a la prueba proctor estándar). Con lo que es posible recomendar la selección del equipo de dragado, profundidad y las operaciones de extracción de material y disposición antes de la construcción de las plataformas de seguridad.

Análisis hidráulico condiciones naturales

Con el objetivo de conocer el funcionamiento del cauce en condiciones naturales con el tránsito de diferentes gastos, para determinar las características hidráulicas más representativas río Bajo Grijalva tramo III, y el gasto que puede conducir sin presentar desbordamiento, se construyeron dos modelos con los datos del levantamiento topográfico: un modelo unidimensional, en HEC-RAS; y otro bidimensional, en IBER

Se emplearon 215 secciones transversales a cada 20 m, de manera que se obtuviera una descripción detallada de un tramo de 4 300 m. El cadenamamiento inicia en el 0+000.00 en el extremo aguas abajo del tramo en estudio y termina en el 4+300.00 en el extremo aguas arriba.

Por otra parte, el coeficiente de rugosidad empleado en la ecuación de Manning, se obtuvo mediante la Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains (Guía para la selección de coeficientes de rugosidad de Manning para cauces naturales y planicies de inundación) del U.S. Geological Survey y la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Esto con el fin de describir de la forma más aproximada posible las rugosidades tanto de la cárcava del cauce, como de sus márgenes, por igual se realizó con el análisis granulométrico, una valoración base del coeficiente empleando los criterios de Raudkivi, Garde y Raju, Subramanya, Meyer-Peter y Müller entre otros aplicables en la hidráulica fluvial.

Mediante el modelo unidimensional se determinó que la capacidad del cauce en el tramo en estudio es de 1 032 m³/s, mientras que su gasto formativo se determina en 700 m³/s, con una velocidad media máxima de 0.83 m/s; que se confirman con el modelo 2D y se corrobora el gasto máximo sin desbordar.

Análisis Hidráulico del dragado de proyecto

A partir de los trabajos y levantamientos topográficos necesarios para buscar y definir la ruta de trazo, se realiza una traza de eje de cauce, como preámbulo a las opciones del dragado del río, y proponer anchos de sección para el canal de dragado y determinar la profundidad necesaria a la que se tiene que dragar para garantizar la extracción del material suficiente para la formación de las plataformas de seguridad.

Posteriormente a la definición del trazo y profundidad del mismo se procedió a realizar un análisis para determinar una mejora hidráulica en la alternativa final de solución.

En esa búsqueda de mejoramiento se identifica una sección crítica en el cadenamamiento 0+780, que representa la sección con menor área hidráulica en el tramo de estudio, que dicta en consecuencia el posible mejoramiento de todo el cauce.

En la citada sección se tienen un área hidráulica, de 817.15 m² en condiciones naturales, se distingue por tener una forma típica de una curva a pesar de estar en un tramo recto. En posteriores análisis se identifica un posible deslizamiento del talud de la margen derecha respecto de la dirección del flujo, la Figura 1, muestra la sección crítica, donde es vista desde aguas abajo hacia aguas arriba, ya que las secciones, como se mencionó se referenciaron en sentido contrario al flujo y la escala vertical esta deformada.

En la sección crítica se propone un corte como se muestra en la

Figura 2, produciendo un incremento al área hidráulica de 911.44 m² para condiciones de proyecto, lo que representa un aumento de la capacidad de conducción de 23% en esa zona, que se aplicó como condición mínima para el resto del cauce.

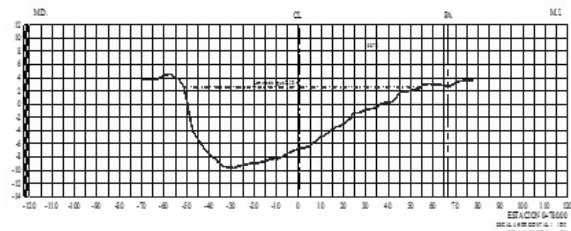


Figura 1.- Sección crítica (área mínima de flujo).

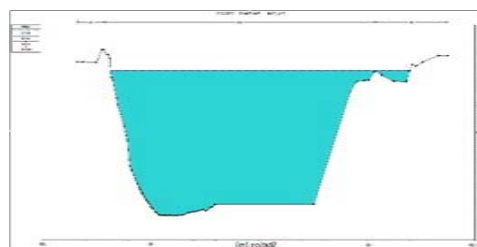


Figura 2.- Corte propuesto en sección crítica.

El método de dragado propuesto tiene un alcance de hasta 12 metros de profundidad, lo que limita la profundidad del dragado; por lo que se optó por una profundidad máxima a -8 msnm y con el área mínima establecida para las secciones del tramo analizado se propusieron ancho de plantilla y rasante variables.

Plataformas de seguridad

El dragado propuesto proporciona un volumen de 325 409.26 m³, lo que duplica aproximadamente el volumen máximo necesario para la formación de plataformas de seguridad, necesarias para el resguardo de la población en caso de inundaciones, ver Tabla 1.

Tabla 1.- Volumen necesario para plataformas de seguridad.

Plataforma	Comunidad	H= 3.5 M
		Volumen m ³
1 M.I.	Acachapan Y Colmena 3 ^a Sección	116 984
2 M.D.	Aztlán 1 ^a Sección	60 568
TOTAL		177 552

Conclusiones

Se logra establecer un corte sobre el centro del cauce para el proyecto ejecutivo del dragado del Río Bajo Grijalva y Formación de Plataformas de Seguridad en el tramo III, sin efecto en lo posible a las márgenes del cauce. Se estima una vida útil del dragado propuesto de 16 años

La realización del dragado del Tramo III del río Bajo Grijalva beneficiará a un total de 2 370 pobladores directos y tendrá efectos positivos para la zona urbana de Villahermosa haciendo más eficiente el drenaje de la cuenca.

Referencias

González, V. F. J. (2014). "Estudio Para El Proyecto Hidrológico Para Proteger A La Población De Inundaciones Y Aprovechar Mejor El Agua (PROHTAB)", Instituto de Ingeniería, UNAM.

Leal, B.G. y Cabrera, D.M. (2017). Informe "Estudio Y Proyecto Ejecutivo Para El Dragado Del Río Bajo Grijalva Y Formación De Plataformas De Seguridad, Tramo Iii, Municipio De Centro, Estado De Tabasco". CONAGUA-INESPROC, México.