

# Secretos en **El Macayo**





**Raquel Ochoa**

**Fotos: Cortesía de Conagua.**

La Compuerta El Macayo constituye una obra de ingeniería sustentable que blindará a la población tabasqueña de las inundaciones, controlando y regulando los escurrimientos del río Carrizal.

**L**a idea de la construcción de la compuerta El Macayo, en Tabasco, es proteger las áreas productivas y asentamientos humanos, reduciendo los riesgos y desequilibrios sociales, económicos, salubres y de seguridad de la población del sureste mexicano.

Aquí todo va cambiando, en el municipio de Reforma, aguas abajo del cruce del río Mezcalapa. Allí, sobre el río carrizal Macayo, "los ingenieros levantaron un muro grandote; supimos que le decían estructura de control para evitar las inundaciones. Y es que, aquí llueve como si se cayera el cielo; los aguaceros llegan de repente, en grandes olas de agua, sin dar tiempo ni siquiera de salvar una cobija. El río comienza a crecer y se escucha el estruendo que trae al arrastrarse y huele a lo podrido de agua revuelta, y el río pierde

sus orillas. Entonces, se pierde todo...”, dice un lugareño.

A lo largo de la historia de Tabasco, la noción de pérdida y soledad es huella constante en época de lluvia. Durante mucho tiempo las inundaciones son inseparables de la cotidianidad de los pobladores del sureste mexicano. Por eso, la construcción de la compuerta El Macayo, que forma parte de las acciones del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) y que beneficiará a 700 mil habitantes, se convertirá en un factor de blindaje y seguridad en futuras temporadas de lluvia.

El ingeniero Antonio Gutiérrez Marcos, Director General de la dirección local Tabasco, de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) explica en entrevista para *Construcción y Tecnología en Concreto*, como se dio esta mega estructura ubicada en los límites de los estados de Chiapas y Tabasco.

En el municipio de Reforma, en Chiapas, aguas abajo de la bifurcación del río Mezcalapa se localiza la estructura de control sobre el río carrizal El Macayo. “Esta estructura se construye debido a la necesidad de proteger contra las inundaciones a la ciudad de Villahermosa; además de controlar el gasto que fluye desde el río Mezcalapa hacia el río Carrizal. También busca controlar la variación de sus niveles, reduciendo la erosión en las márgenes de los ríos en su trayecto hasta la descarga en el golfo de México”, explica Antonio Gutiérrez.

El Macayo, continúa el entrevistado, forma parte de todo un programa de obras hidráulicas –bordos y muros de protección, canales de alivio para derivar las aguas a los vasos de regulación naturales, dragados y desazolves de ríos y arroyos, protecciones marginales–, que buscan atenuar

## Datos de interés

**Nombre de la obra:** Construcción de la estructura de control El Macayo.

**Ubicación:** Coordenadas geográficas son 17° 57' 27" latitud Norte y 93° 16' 51" longitud Oeste.

**Superficie construida:** 111,934.80 m<sup>2</sup>.

**Fecha de inicio de la obra:** noviembre de 2005.

**Fecha de fin de obra:** junio de 2013.

**Inauguración:** Margen izquierda en septiembre de 2009/ Margen derecha en junio de 2013.

**Maquinaria utilizada:** Excavadoras, cargadores frontales, tractores, grúas, draga marina, moto-conformadoras, vibro-compactadores, camiones de volteo, torre grúa y equipo de perforación.

**Tipos de concreto utilizados:** concreto fc=100 Kg/cm<sup>2</sup>; concreto fc=250 Kg/cm<sup>2</sup>; concreto fc=350 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Total de concreto utilizado:** 33,841 m<sup>3</sup> de concreto (margen izquierda 10,370 m<sup>3</sup>; margen derecha 23,471 m<sup>3</sup>.)

**Constructora:** Grupo Constructor y Diamante Constructora y Arrendadora López (margen izquierda); Coconal (margen derecha).

**Labor estructural:** CFE/Jefatura de proyectos Querétaro y Consultoría Integral en Proyectos de Ingeniería (margen derecha).

**Proveedores:** CEMEX, Apasco, bancos de roca de Teapa y Tortuguero, así como bancos de arcilla del municipio de Reforma.

el impacto de las inundaciones en la ciudad de Villahermosa. La idea es regular el gasto en el río Carrizal, obligando a que el excedente proveniente del río Mezcalapa fluya a través del río Samaria. De modo que un 60 % de la corriente que provenga de las presas, circule por el río Samaria y el otro 40 % por el Carrizal, manteniendo un gasto constante de 850 m<sup>3</sup>/s, en el río Carrizal, con la finalidad de disminuir su proceso erosivo y evitar desbordamiento. A su vez, se pretende proteger las áreas productivas y poblaciones asentadas aguas abajo de la estructura de control, reduciendo el riesgo de peligro para la población, alteraciones sociales, económicas, de servicios públicos, salubridad y seguridad”.

En suma, la compuerta El Macayo es una obra de sustentabilidad, que va de lo más trascendente, lo social, a lo ambiental.

## Un poco de historia

La historia de la compuerta El Macayo comienza en el 2003: “La estructura de control sobre el río Carrizal, Macayo, forma parte del Plan Hídrico Integral de Tabasco, el cual, con su objetivo de disminuir al máximo las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a que está sujeta la población, sus actividades económicas y los ecosistemas frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que afectan la planicie costera de Tabasco, forma parte integral de las



acciones contempladas en el Plan Nacional Hídrico 2007-2012 y en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012", comenta el entrevistado.

El PICI, continúa el entrevistado, "fue dividido en tres sistemas hidráulicos: Mezcalapa-Samaria; Ríos de la Sierra; y Carrizal-Medellín. En conjunto se buscaba el control de los escurrimientos mediante la construcción de 26 obras, misma en las que fue necesaria la participación e integración de un grupo multidisciplinario de diferentes instituciones gubernamentales y educativas, a saber: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); Comisión Nacional del Agua (Conagua); Gobierno del Estado de Tabasco; Gobierno del Estado de Chiapas; Comisión Federal de Electricidad (CFE); Universidad Nacional Autónoma de México (a través del Instituto de Ingeniería); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Universidad Autónoma de Chapingo, así como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Todas estas instancias hicieron posible la visualización, desde diversos ángulos de todas las variantes que inciden en un proyecto como la Compuerta el Macayo".

## Secretos en El Macayo

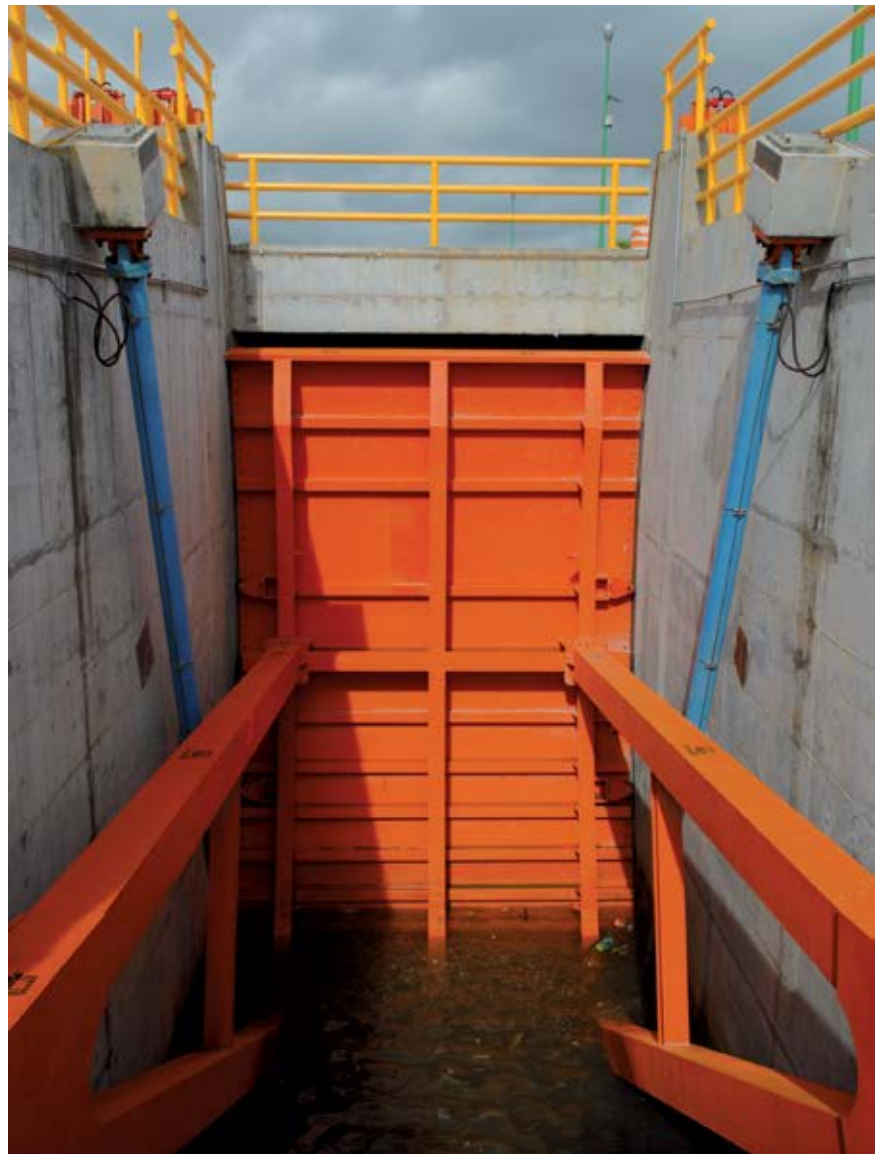
Paso a paso, el directivo de Conagua detalla la composición de esta magna estructura de control. "Consta de un canal en la margen izquierda con tres compuertas radiales; una cortina permeable de enrocamiento; bolsas de mortero; un canal en el margen de la derecha con cuatro compuertas radiales, así como caminos de acceso. Por la margen izquierda, se controlan 350 m<sup>3</sup>/s, y por la margen derecha, se controlarán 500 m<sup>3</sup>/s. La estructura de control en la margen izquierda está

compuesta por un canal, zona de compuertas, una caseta oleodinámica, casa de máquinas, cuarto de control, un cuarto de control automático, planta de emergencia, dos grúas pórtico, cuarto del operador, almacén, un helipuerto, patio de maniobras, puente vehicular y caseta de vigilancia".

En tanto, añade "El canal tiene una longitud total de 320 metros. Su entrada tiene un ancho de 80 m, reduciéndose progresivamente hasta un ancho de 28.20 m en la zona de compuertas. Pasando

está zona se amplía hasta alcanzar 70 m en el canal de salida. En la zona de compuertas, se tienen dos pilas centrales que soportan tres compuertas radiales de acero estructural de 5 m de ancho por 8 m de alto, con un peso de 20 toneladas cada una".

Las compuertas son izadas y controladas por los servomotores y el sistema experto. Mientras que el nivel de apertura depende del gasto que se requiera considerando las políticas de operación. La operación de ascenso y descenso



de las compuertas está en función de la operación de seis servomotores que son alimentados con aceite hidráulico por medio de tres centrales oleodinámicas (una por compuerta), que a su vez son controladas manualmente por medio de tres tableros de control local, y automáticamente por un sistema experto PLC.

Además, agrega el directivo de Conagua, "existen dos grúas pórtico en la estructura de control del margen izquierdo, una colocada en la plataforma aguas arriba y otra en la plataforma aguas abajo. Estas grúas tienen movimiento longitudinal. El izaje se realiza por el movimiento del moto reductor del malacate para realizar las maniobras de ascenso y descenso de los obturadores".

En la obra, indica el entrevistado, "se encuentra un patio de maniobras, para retirar o suministrar equipos que requieran man-

tenimiento fuera de la estructura. También, conectada al patio de maniobras, se encuentra una rampa de acceso al puente vehicular, el cual permite el tránsito sobre el canal margen izquierda hacia la cortina, logrando una conexión entre las estructuras de control de ambas márgenes. Siguiendo por esta ruta, se encuentra la cortina permeable, con una elevación de 22 metros sobre el nivel del mar. Es un elemento estructural para el cierre del cauce del río carrizal, en la parte inferior se empleó roca traída del municipio de Macuspana y Teapa, a 100 km en promedio de distancia, en la parte superior se utilizaron bolsas de mortero coladas en sitio. El cierre de la cortina deriva el gasto por las estructuras de control de ambas márgenes.

Pasando esta zona se encuentra la estructura de control margen derecha, la cual estará conformada

por un canal de entrada y otro de salida, una zona de compuertas (radiales y obturadores), una caseta oleodinámica, una caseta de operación, caseta de control de accesos, dos grúas pórtico y tres plataformas de maniobras", puntualiza el ingeniero.

Para la construcción del canal "margen derecha", fueron necesarias cuatro acciones divididas en etapas: el crear la zona de compuertas, que es la estructura principal del canal. La creación del tanque amortiguador, el canal de llamada y el canal de salida. Cabe subrayar que la cimentación consta de pilotes de fricción con una sección de 50 x 50 centímetros y una longitud de 20 metros.

El hincado se llevó a cabo desde el nivel de terreno natural hasta la profundidad requerida por el proyecto. Es importante señalar que la construcción de la plantilla de concreto de 100 kg/cm<sup>2</sup>, y de 5 cm de espesor, una vez fraguada de concreto simple, se procedió al descabece de los pilotes y al armado del acero de refuerzo de la losa de fondo de 250 kg/cm<sup>2</sup> con un espesor de 1.5 m. Cada compuerta tiene un peso de 26.6 toneladas y se colocaron cuatro en el canal de la margen derecha.

Dichas compuertas están diseñadas para controlar en conjunto hasta 500 m<sup>3</sup>/s. Terminada la estructura de control, comenta el entrevistado: "se tendrá la política de operación de las compuertas, por medio de la cual se podrá mantener un gasto constante sobre el río Carrizal, reduciendo de manera muy importante la posibilidad de inundación de la ciudad de Villahermosa y demás poblaciones cercanas a las márgenes de este río, en caso que se requiera reducir el gasto sobre el mismo incluso a cero, durante alguna avenida sobre el río Mezcalapa".





## Selección de materiales

Los materiales fueron seleccionados bajo los criterios de las *Normas Mexicanas y en las Especificaciones Técnicas*, de la Conagua. Los principales utilizados en la obra fueron: acero de refuerzo y estructural; madera para cimbras, grava, arena, agua y cemento para la fabricación del concreto hidráulico y mortero, rocas de diferentes tamaños, material de banco arcilla para construcción de bordos, materiales graduados para pavimentos y asfalto.

## Concreto a la obra

El concreto fue uno de los principales componentes de la estructura de control El Macayo. Para la elaboración, colocación y uso del concreto hidráulico se aplicaron diversas normas mexicanas, Para lograr un sistema de gestión y control de calidad. Los tipos de concreto fueron  $f_c=100 \text{ Kg/cm}^2$ ; Concreto  $f_c=250 \text{ Kg/cm}^2$ ; y Concreto  $f_c=350 \text{ Kg/cm}^2$ . La colocación de este insumo se dio a través de bombas tipo telescópica de 5" de diámetro en la descarga y una longitud de 26 metros de alcance. Además se utilizaron camiones equipados con ollas revoladoras de  $7 \text{ m}^3$  de capacidad; vibradores de inmersión de 2" y 3" de diámetro de alta frecuencia.

## Diseño estructural

Para dimensionar los canales de la estructura de control sobre el río Carrizal, expresa el entrevistado: "se utilizó un programa de cómputo que permite modelar flujos permanentes y transitorios en redes de ríos y llanuras de inundación, para este caso el punto de partida fue que la obra debía ser contro-



lada por compuertas radiales. Se probaron distintos anchos y elevaciones de plantilla para ambos canales buscando controlar por la margen izquierda un volumen de  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  y por la margen derecha  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ".

Para representar la estructura, continúa, "se ubicó en el modelo sobre el eje de la estructura un puente con las características geométricas mencionadas (vanos de 5 m y pilas de 1 m). El cálculo de la estructura fue realizado mediante la bajada de carga conforme a los datos del proyecto y conforme a los reglamentos pertinentes, revisado con ayuda del Programa Sap2000, de Cálculo Espacial de Estructuras Tridimensionales. En tanto que para el cálculo y análisis de la cimentación se consideró lo especificado en las *Normas técni-*

*cas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones*, así como los artículos pertinentes del *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*.

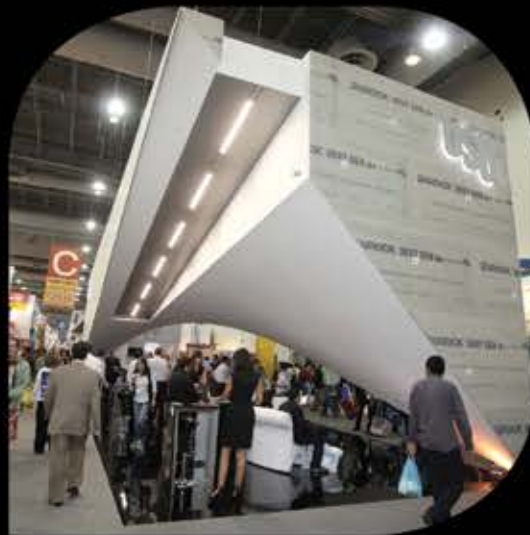
Por el lado de la cimentación, ésta constó de pilotes de fricción con una sección de  $50 \times 50 \text{ cm}$  y una longitud total de 20 m. Debido a las condiciones geológicas, el hincado se realizó desde el nivel del terreno natural hasta la profundidad requerida por el proyecto, por lo que fue necesario el empleo de una extensión metálica para el hincado de los pilotes". Así las cosas, se espera la ingeniería mexicana suma un logro más en la edificación de estructuras sustentables que forman un círculo virtuoso de protección a la población, la actividad económica, la salud y el desarrollo de la zona. ©



## ASISTA AL MEJOR EVENTO

¡Únase a EXPO CIHAC<sup>MR</sup> el evento más importante en la industria de la construcción, donde cada año más de 55,000 profesionales hacen negocio con las mejores empresas del sector!

Forme parte de esta exposición internacional que en su vigésima quinta edición será espectacular.



PRE-REGÍSTRESE  
[www.expocihac.com.mx](http://www.expocihac.com.mx)



Tels: 01800 06 CIHAC  
 +52 (55) 4738 6200  
[expo@cihac.com.mx](mailto:expo@cihac.com.mx)

Programa de Conferencias

CONFERENCIAS  
**marco** **M**  
 La mejor de las cosas ocurre cuando se construye

**VI**

FORO INTERNACIONAL  
 Ciudades del siglo XXI  
 con Calidad de Vida

Admisión: General \$600.00 | Preferencial \$300.00 (con pre-registro)  
 Horarios: Miércoles 16 a Viernes 18 de octubre 13:00 a 20:00 hrs. | Sábado 19 de octubre 11:00 a 20:00 hrs.



# EXPO CIHAC<sup>MR</sup> 25 ANIVERSARIO

LA MEJOR EXPOSICIÓN EN LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

16 al 19 de octubre . Centro Banamex . Ciudad de México

Sustentabilidad

**eco**  
**ZONA**  
GRUPO



PREMIO **eco**  
**CIHAC** 2013

Pabellones Internacionales

Salón INTERNACIONAL  
de la Construcción y el Comercio  
**AMEVEC** 2013

