

ANÁLISIS HIDROMORFOLÓGICO Y SOLUCIÓN INGENIERIL PARA EL CRUCE DE UN POLIDUCTO SOBRE UN TRAMO DEL RÍO CUARTO (CÓRDOBA, ARGENTINA)

E.Castelló, M.Corrall, C.Gerbaudo, Plencovich, G., Hillman, G., Pagot, M. y A.Rodríguez

Laboratorio de Hidráulica, FCEFYN, UNC

E-mail: ecastello@rcom.uncor.edu - Web: <http://www.unc.edu.ar/>

El cruce del poliducto Mendoza – Córdoba, propiedad de la empresa Repsol-YPF, con el río Cuarto o Chocancharagua se encuentra emplazada a unos 7 Km aguas arriba del puente Malvinas Argentinas, de la Ruta Nacional N° 36 o Av. de Circunvalación de la ciudad de Río Cuarto, Provincia de Córdoba.

Desde su construcción hasta la fecha esta obra de cruce ha sufrido importantes modificaciones. Debido al descenso generalizado del lecho de este río, a comienzos de la década del 80 se debió practicar una profundización (de aproximadamente 2,50 m) de la obra. Dada las características morfodinámicas de este río, recientemente en el año 2000, fueron realizadas una serie de obras en el propio cruce del poliducto y en el tramo del cauce.

El continuo descenso del lecho ha dejado visible el poliducto en los primeros 15 o 20 m desde la margen derecha, generando una situación de riesgo para la estabilidad de la obra.

El objetivo del presente trabajo ha consistido en realizar un diagnóstico de la situación actual del poliducto ante la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos, y en caso de resultar negativa, proponer las obras necesarias para conferirle estabilidad al sistema soporte. Es por este motivo que se hizo necesario el trabajo en conjunto de varias disciplinas como la hidrología, hidrogeomorfología, hidráulica fluvial e ingeniería estructural.

Los antecedentes hidrológicos recopilados, AyEE (1967), DiPAS (2002), Farías (2002) y UNC (2003), detallan una serie de relaciones entre recurrencias y caudales para la sección del puente Ferroviario en la ciudad de Río Cuarto, que permitieron adoptar los caudales de diseño.

El análisis geomorfológico del tramo, tuvo como principal objetivo estudiar las características hidrogeomorfológicas y evaluar en forma temporal los procesos fluviales asociados a las situaciones de inestabilidad actuales y potenciales que afectan y pudieran afectar a la obra. Este análisis fue basado fundamentalmente en la realización de un análisis fotogeomorfológico dirigido al reconocimiento de los ambientes y unidades hidrogeomorfológicas que integran el valle fluvial, incluyendo una evaluación temporal de los cambios efectuados por el curso del río, considerando un período de 33 años.

Como resultado del análisis geomorfológico se obtuvo que la alta tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud que presenta la cuenca de recepción serrana del río Chocancharagua por condicionamiento natural, determina una dinámica fluvial intensa en el entorno del cruce del poliducto, hecho claramente evidente en la fuerte inestabilidad manifiesta en el desplazamiento en sentido de la corriente de las curvas externas de los meandros, desplazamiento lateral y profundización del cauce.

El análisis temporal indica que el riesgo potencial de mayor significación para el poliducto se encuentra en el

sitio de la curva externa erosionada hasta el nivel superior de terraza en la margen sur, presentando un avance importante en el sentido de la corriente y también lateralmente.

Con el objeto de cuantificar los diferentes procesos hidráulicos involucrados en esta obra de cruce, se realizaron modelaciones hidráulicas a régimen permanente, mediante un modelo hidráulico unidimensional (HEC-RAS) y un modelo bidimensional (RMA2) del tramo de río.

El principal objetivo de las modelaciones efectuadas consistía en evaluar la distribución de caudales en el sentido transversal y en el caso del bidimensional estimar los patrones de velocidades para distintos ángulos de entrada de los caudales establecidos, posibilitando una mejor cuantificación de la distribución de caudales en la sección transversal, dato necesario para la estimación de las profundidades de erosión que afectarían a la obra de cruce.

Fueron calculadas las erosiones producidas ante la ocurrencia de los eventos hidrológicos considerados, que junto a la evaluación estructural del sistema existente permitieron determinar el comportamiento de la obra en el estado actual.

Para la estimación de la erosión general se utilizó la metodología propuesta por Listchvan-Lebediev, que ha sido ampliamente utilizada con este propósito durante crecidas extraordinarias (e.g. Schreider M. I. et al 2001, Farías et al. 2002).

Para determinar las erosiones locales del material que compone el lecho en las inmediaciones de los pilotes de sujeción del poliducto, fueron empleadas expresiones semiempíricas, a través del software ELEHCA (Menéndez et al., 2002), además de las expresiones incorporadas en el modelo HEC-RAS y de literatura específica del tema (Hoffman, 1997). Las fórmulas que han sido utilizadas comprenden la ecuación de la CSU (Richardson y Davis, 1995), Jonhson (Hoffman, 1997), Laursen y Toch (1956) y Breusers (Hoffman, 1997).

Para la verificación estructural del pilote se plantearon diversos escenarios de carga tales como el arrastre sufrido en el poliducto por la corriente de agua, el impacto de un elemento flotante como un tronco, y el taponamiento de un vano entre pilotes por acumulación de resaca. A su vez se realizaron combinaciones de carga consideradas como probables.

Para representar el comportamiento del pilote se desarrolló un modelo numérico que considera el pilote como empotrado en el suelo. Este modelo se realizó con elementos finitos de barras prismáticas para representar el fuste del pilote, y el suelo de fundación se modeló mediante resortes con comportamiento elasto-plástico perfecto.

Las diversas disciplinas involucradas en este estudio coincidieron en que el estado actual del cruce del

poliducto presenta un alto riesgo de falla ante la avenida de una crecida de ocurrencia normal. La evaluación y verificación de la estabilidad de las estructuras soporte ha demostrado que el límite admisible de la profundidad de erosión total es del orden de 1,20 m a 1,80 m, valores que se pueden generar para caudales de bajas recurrencias.

Considerando el fuerte impacto negativo que significaría la rotura de la obra, en base al material transportado y la cercanía a la Ciudad de Río Cuarto, se ha recomendado encarar con alta prioridad las obras de un cruce definitivo. Como alternativas se ha planteado un cruce tipo aéreo o subterráneo.

Ante esta situación, se han previsto una serie de medidas de refuerzo de carácter temporal las cuales no garantizan su eficacia ante una eventual crecida del río. El objeto de estas medidas consiste en mejorar la situación actual hasta tanto se proyecten y construyan las medidas definitivas necesarias para las características del cruce estudiado, de manera que el riesgo de falla se reduzca a su mínima expresión.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre Pe, J.** (1980): *Hidráulica de Sedimentos*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- AyEE** (1967): *Presa Embalse Tincunaco sobre el Río Cuarto. Provincia de Córdoba*. Jefatura de Estudios Zona Centro. Agua y Energía Eléctrica S.E. Secretaria de Energía y Minería.
- Breusers H.N.C., and Raudkivi A.J.** (1991): *Scouring – Hydraulic structures- Design Manual*. AA Balkema.
- Fariás H.D. y Pilán M.T.** (2002): *Cálculo de las Profundidades de Socavación General en Cauces Aluviales. Aspectos Teóricos y Aplicaciones*. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cuba.
- Frisicaro E.** (1997): *Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Cuarto. Aplicación del modelo HEC-1*. Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
- Hoffmans, G.J.C.M., Verheij, H.J.** (1997): *Scour manual*. AA Balkema.
- Hydrologic Engineering Center - HEC** (2002): *HEC-RAS. River Analysis System (version 3.1)*. User's Manual and Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of Engineers. Davis, California.
- Johnson, P.A.** (1992): *Reliability-based pier scour engineering*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 118, No. 10, pp. 1344-1358.
- Johnson, P.A.** (1995): *Comparison of pier-scour equations using field data*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 121, No. 8, pp. 626-629.
- Laursen E.M., Toch A.** (1956): *Scour around bridge piers and abutments*. Bull. No. 4, Iowa Hwy. Res. Board, Ames, Iowa.
- Menéndez, A.N., Salerno, G., Amores, G.** (2002): *Un sistema de decisión para el cálculo de erosión local*. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, Cuba.
- Menéndez, A.N., Salerno, G., Amores, G.** (2003): *Software "ELEHCA" for Local Scour Diagnosis*. 34th Annual Conference & Expo IECA (International Erosion Control Association), Las Vegas, USA, February, 2003.
- Raudkivi A.** (1990): *Losse Boundary Hydraulics*. Pergamon Press
- Schreider, M. I., Scacchi, G., Franco, F., Fuentes, R. y Moreno, C.** (2001): *Aplicación del Método de Lischvan y Levediev al Cálculo de la Erosión General*. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XVI, N°1, pp. 15-26.
- U.S. Department of Transportation** (1993): *Evaluating Scour at Bridges. Hydraulic Engineering Circular N° 18*, report FHWA-IP-90-017, Federal Highway Administration. Washington, DC, USA.
- Laboratorio de Hidráulica de Universidad Nacional de Córdoba** (2003): *Informe sobre Modelación Física Tridimensional a Fondo Móvil de los Azudes de la Ciudad Río Cuarto*.
- WES** (1997): *RMA2 – User Guide. Version 4.3*. US Army Corps of Engineers – Wasterways Experiment Station. Hydraulics Laboratory.