

# DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE DEFENSAS DE GAVIONES EN PLANTA POTABILIZADORA EN LA PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

Nicolás Federico Guillén<sup>1,2</sup> y Matías Eder<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT CONICET/UNC). FCEFN, Av. Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

E-mail: nfguillen@hotmail.com, matiaseder2@gmail.com

## Introducción

El gran crecimiento demográfico de la ciudad Salta ha producido diversos inconvenientes en el actual servicio de abastecimiento de agua potable. Esta situación llevó a que se proyectara una “Nueva Planta Potabilizadora en el Dique Campo Alegre y un Acueducto Norte para las Zonas Norte, Este, Sureste y parte de la Zona Centro de Salta Capital, Provincia de Salta”. Esta obra tiene como objetivo mejorar el servicio de provisión de agua potable a más de 200 mil habitantes. El predio en el cual se proyectó la Nueva Planta Potabilizadora se encuentra próximo al dique Campo Alegre.

En este trabajo se presentan los estudios hidrológicos realizados para determinar los caudales de diseño, estudios hidráulicos (2D) destinados a evaluar el funcionamiento hidráulico de diferentes alternativas de defensa de la Planta proyectada y el diseño estructural de la defensa seleccionada.

## Objetivos

En este trabajo, a partir de modelaciones hidrológicas en HEC HMS y aplicando información de precipitación actualizada se buscan estimar los caudales de diseño asociados a diferentes recurrencias en la zona donde se ubicará la planta.

Además, mediante la aplicación del modelo hidrodinámico bidimensional (2D) HEC RAS se busca modelar el tramo del cauce en la situación actual (sin defensas) y diferentes alternativas de defensas, para encontrar el diseño más adecuado.

Finalmente se busca dimensionar estructuralmente con gaviones la defensa óptima de la nueva planta potabilizadora.

## Materiales y métodos

La cuenca del Río Caldera en la zona de la nueva Planta Potabilizadora, desde sus nacientes hasta la ubicación de la futura planta, tiene una superficie de 138 Km<sup>2</sup>.

La cuenca de aporte se definió a partir de información topográfica satelital provista por el modelo digital de elevación SRTM y se complementó el análisis mediante la visualización de la zona de estudio con imágenes satelitales de alta resolución. En la Figura 1 se presentan las subcuencas y sus cauces principales y se muestra la localización de la planta.

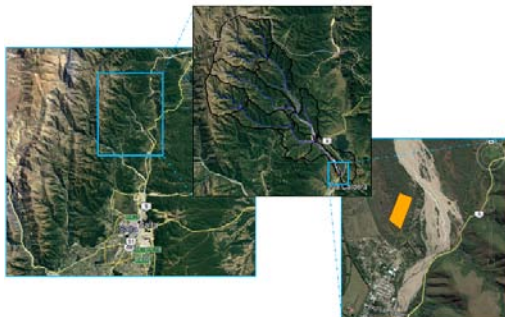


Figura 1.- Principales subcuencas y cauces principales junto a la localización de la planta potabilizadora.

Para la modelación hidrológica de la cuenca se aplicó el software HEC HMS. A partir de eventos de precipitación de diferentes grados de severidad acontecidos en la zona, se ajustaron los parámetros hidrológicos; y para la estimación de la tormenta de proyecto asociada a las diferentes recurrencias se utilizaron las curvas IDT actualizadas al año 2017 generadas en el marco del proyecto de investigación “Cálculos de IDT y Actualización de Lluvias máximas” de la Universidad Católica de Salta (Guillén et al., 2016). Para cuantificar las pérdidas iniciales y por infiltración se aplicó el modelo del SCS – CN.

Para la modelación hidráulica bidimensional (2D) se aplicó el software HEC RAS Versión 5.0.3. La ventaja de aplicar un modelo 2D en lugar de uno 1D es que el primero permite analizar y comprender con mayor certeza el comportamiento hidráulico del flujo, y permitirá una mejor elección de la alternativa más adecuada de defensa de gaviones de la planta.

Para la modelación estructural de la defensa de gaviones propuesta se utilizó el programa GawacWin BR 2.0, el cual es un sistema de análisis de estabilidad de muros de contención en gaviones sujetos a las más diversas situaciones y ha sido desarrollado por la empresa Maccaferri. Utiliza el método del “Equilibrio Limite”, las teorías de Rankine, Coulomb, Meyerhof, Hansen y Bishop (optimizado a través del algoritmo minimizador Simplex) para la verificación de la estabilidad global del conjunto suelo/estructura.

## Escenarios hidráulicos

Se modeló con el programa HEC RAS (2D) la situación actual del Río Caldera (sin defensa) y 6 tipologías diferentes de defensas de la planta para una recurrencia de 100 años. En la Figura 2 se presenta a modo de ejemplo la Alternativa de Defensa 1.

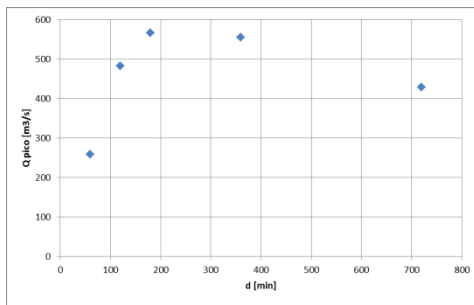


Figura 2.- Imagen en planta de la Defensa 1 - Alternativa 1.

## Resultados

Para calcular la duración de la tormenta crítica de la cuenca analizada, se modelaron para una recurrencia de 25 años lluvias

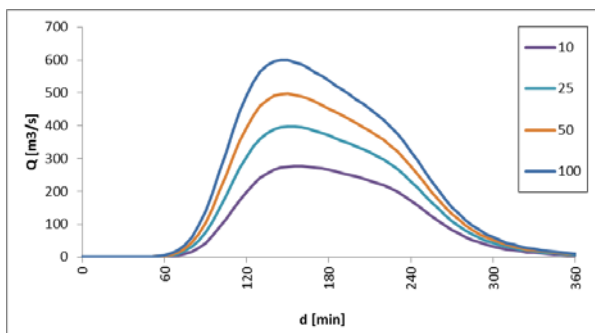
de diferentes duraciones para encontrar cual es la duración que genera el caudal pico máximo (caso más desfavorable). A continuación se grafican los caudales picos obtenidos para cada una de las duraciones de lluvia modeladas:



**Figura 3.-** Caudales pico obtenidos para diferentes duraciones de lluvias modeladas sobre la cuenca.

En la Figura 3 se observa que a partir de una duración de tormenta de 3 horas la cuenca entra en régimen, es decir que los caudales picos crecen muy poco en su magnitud. Para duraciones mayores a la misma se obtienen caudales del mismo orden, por lo que la tormenta de duración igual a 3 horas es la crítica sobre la cuenca de estudio. Es por ello que la duración de la lluvia de diseño utilizada en el modelo hidrológico para la determinación de los caudales de diseño fue de 180 minutos, ya que generará la respuesta más desfavorable sobre la cuenca.

A continuación, se presentan los hidrogramas obtenidos para cada una de las recurrencias modeladas (Figura 4).



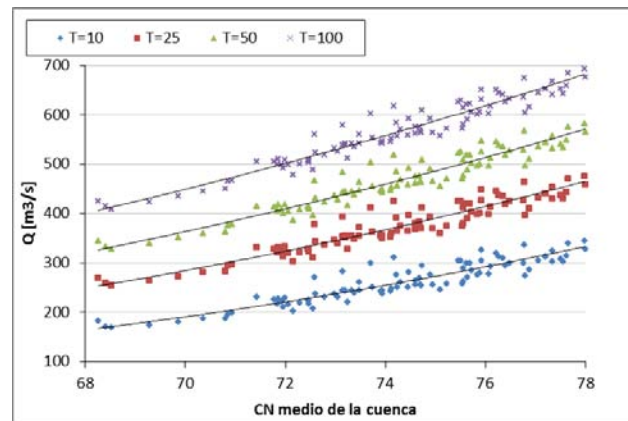
**Figura 4.-** Hidrogramas de diseño para las diferentes recurrencias.

Las modelaciones previas se realizaron considerando como referencia la condición de humedad antecedente II (intermedia). Sin embargo, es posible que cuando ocurra un evento de precipitación en la cuenca, en la misma o bien no hayan ocurrido precipitaciones significativas (mayores a 25 mm) en los 5 días previos al evento o bien haya ocurrido lo opuesto (lluvias mayores a 50 mm), es decir que la cuenca posea una condición de humedad antecedente seca o bien húmeda al momento de la ocurrencia del evento de diseño. Para poder analizar de una mejor manera estos casos es que a continuación (Figura 5) se grafican para 4 tiempos de retorno la variación del caudal pico en relación al CN medio de la cuenca (calculado a partir de ponderación areal).

Del análisis de sensibilidad se observa que los caudales máximos erogados por la cuenca para los diferentes tiempos de retorno son significativamente sensibles a los valores de CN adoptados en las subcuencas. Es decir que la condición de humedad antecedente existente en la cuenca al momento de un evento de precipitación de diseño es parámetro fundamental para poder estimar el caudal que finalmente erogará la cuenca.

Además, para una recurrencia dada se pueden alcanzar valores de caudal que varían en un intervalo dado (entre un valor mínimo y máximo) en función de la condición de humedad

existente en la cuenca previa al momento del evento de precipitación.



**Figura 5.-** Relación entre caudal pico y CN medio de la cuenca para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

Luego se procedió a la modelación hidrodinámica bidimensional del tramo del río Caldera que se encuentra en la zona de emplazamiento de la Planta Potabilizadora. Se modeló la situación actual y se analizaron diferentes alternativas de defensas para la futura planta potabilizadora.

En la Figura 6 se presentan las superficies de inundación georreferenciadas para dos de los escenarios modelados: uno sin obras y otro con una de las alternativas de defensa propuestas.



**Figura 6.-** Superficie de inundación sin y con la defensa en la margen derecha del cauce.

Una vez que se seleccionó la defensa más adecuada en el cauce se dimensionó estructuralmente con gaviones la defensa óptima de la nueva planta potabilizadora.

## Conclusiones

En este trabajo, aplicando información pluviográfica actualizada y mediante la aplicación del programa HEC HMS se estimaron los caudales de diseño asociados a diferentes recurrencias.

Aplicando el programa HEC RAS en su versión bidimensional (2D) se pudieron comparar las situaciones del cauce actual (sin defensas) y diferentes alternativas de defensas con gaviones para poder elegir el diseño óptimo de la infraestructura a diseñar.

Finalmente, se dimensionó estructuralmente con gaviones la defensa óptima de la nueva planta potabilizadora a partir de la aplicación del programa Gawac Win.

## Referencias

- Guillén N.F., Botelli M. C., García C. M., Flores K. (2016). *Estimación de la relación IDT en Salta Capital*. V Taller sobre Diseño Hidrológico, Salta.
- USACE [US Army Corps of Engineers] (2016). HEC-HMS Version 4.2.1. Davis, CA Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.
- USACE [US Army Corps of Engineers] (2016). HEC-RAS Version 5.0.3. Davis, CA Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.