

Mendoza, 15 de agosto de 2019

SR. SECRETARIO DE OBRAS PÚBLICAS

ING. ROLANDO BALDASO

MUNICIPALIDAD DE LUJAN DE CUYO

S-----/-----D

Ref: Expte. N°2019-1828089

Por la presente elevo los resultados del Análisis Hidráulico del Río Mendoza, en el tramo Dique Cipolletti – Puente de Ruta Nacional N°40.

Este tiene la finalidad de analizar la situación hidráulica del Río Mendoza y en especial el grado de seguridad hidrológica de las márgenes del mismo, con un análisis moderno el cual es inédito en la utilización en los ríos de Mendoza.

En este caso particular, la caracterización establecida por la Dirección de Hidráulica, indica que el terreno de referencia se encuentra en una zona **ALUVIONAL Y POTENCIALMENTE ANEGABLE**, ante posibles desbordes y cercanía del Río Mendoza, para lo cual se debe verificar el enrocado existente en la margen Sur del Cauce del río.

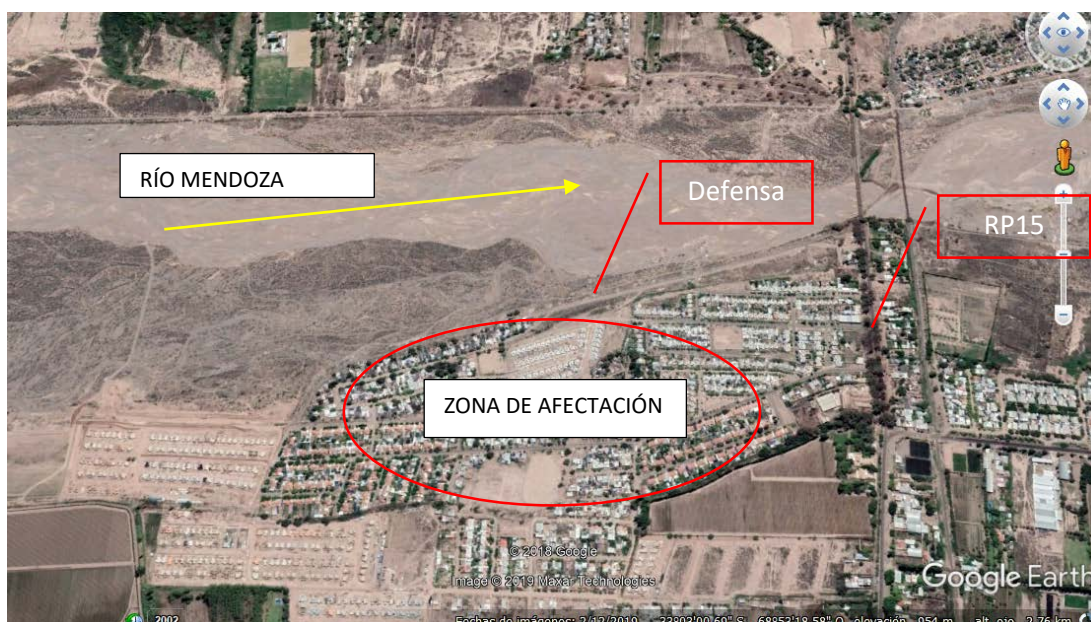


Ilustración 1: Imagen Satelital Zona Sur del Río Mendoza. Fuente: Google Earth ®

INTRODUCCIÓN

La defensa existente (enrocado), fue construida por la Dirección de Hidráulica en la década de los 80, después de sendas crecidas se puede recordar la del año 82, la cual se estimó un caudal del orden de 1.200 m³/s.

Por ende, las defensas de las márgenes, se plantearon para conducir los escurrimientos en forma controlada a los diversos puentes y teniendo estas magnitudes de referencia.

Hasta el año 2.001, el río Mendoza no presentaba una regulación, por ende todas las crecidas pasaban por todo el río sin control. Desde la construcción de la Presa Potrerillos este tiene entre sus objetivos el control de crecidas, para lo cual con el manejo operativo del embalse y aún más teniendo en cuenta que en verano (diciembre, enero, febrero), período de las posibles máximas crecidas el embalse no está lleno dado a que está entregando volumen al sistema de riego, por ende, es totalmente factible esta operación.

Al estar el río regulado se modifican las condiciones hidráulicas aguas debajo de la presa, empezando a tomar relevancia los descargadores de fondo y el aliviadero de la presa.

ANALISIS HIDROLÓGICO

Funcionamiento Presa Potrerillos:

La presa Potrerillos es de CRFD con un embalse total del 450 Hm³, una altura de 116 m y la longitud de coronamiento de 470 m. Por lo tanto, se considera como una Gran Presa.

Sus órganos de evacuación son los siguientes:

- Aliviadero en Morning Glory con un caudal máximo en el túnel de alivio de 1.800 m³/s.
- Túnel de riego y descarga de fondo con un caudal de proyecto de 575 m³/s y el caudal máximo de riego de 110 m³/s. El caudal máximo a erogar según obra es de 700 m³/s.

Consideraciones:

- La función del aliviadero es erogar caudales en condiciones extraordinarias.
- La operación de los descargadores de fondo, hasta un caudal de 110 m³/s puede ser para riego, sin embargo, hasta un caudal de **700 m³/s** se puede erogar por motivos de seguridad de la presa, reparaciones y fundamentalmente para producir la autolimpieza por atarquinamiento. Por lo tanto, su funcionamiento no puede considerarse como extraordinario.

Condiciones hidrológicas del río Mendoza:

Al estudiar la hidrología del Río Mendoza se tiene los siguientes caudales máximos diarios registrados (serie 1958-2.004). Fuente: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, elaborado por EVARSA):

| Fecha | Caudal |
|-------|--------|
|-------|--------|

| | (m ³ /s) |
|------------|---------------------|
| 29/11/1987 | 588,14 |
| 7/01/1983 | 450 |
| 14/02/1985 | 384 |
| 25/12/1978 | 295 |
| 24/12/1963 | 274 |
| 21/12/1972 | 258 |

De un análisis estadístico expeditivo se tiene:

Análisis de Gumbel y Test de confianza de Smirnov Kolmogorov:

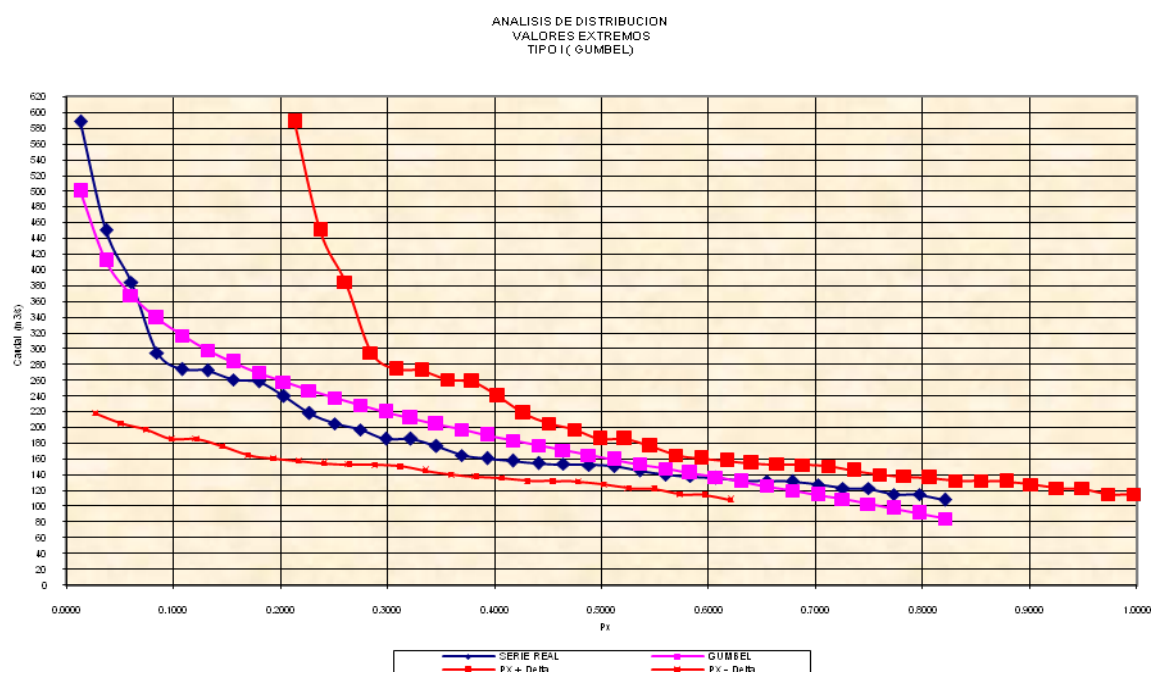


Tabla 1: Caudales máximos. Tiempos de Retornos

| TR Años | F(x) | P (x) | Caudal m3/s |
|------------|--------|-------|----------------|
| 200 | 0.9950 | 0.005 | 584.03 |
| 100 | 0.9900 | 0.010 | 524.49 |
| 50 | 0.9800 | 0.020 | 464.73 |

| | | | |
|----|--------|-------|--------|
| 20 | 0.9500 | 0.050 | 384.98 |
| 10 | 0.9000 | 0.100 | 323.38 |
| 5 | 0.8000 | 0.200 | 259.15 |
| 2 | 0.5000 | 0.500 | 162.14 |

Crecidas no registradas:

Dentro de la historia reciente el río Mendoza sufrió 2 crecidas de magnitud las cuales por su caudal y poder destructivo no pudieron ser registradas:

1. Crecida de enero de 1.934: caudal estimado **2.300 m³/s** (rotura del glaciar El Plomo). Varios muertos, destrucción de la estación del ferrocarril y Hotel Cacheuta y del dique Cipolletti.
2. Crecida de enero de 1.982: caudal estimado **1.200 m³/s**. rotura del fusible dique Cipolletti. Crecida aluvional.

Si se considera el caudal del año 1.982 para el estudio estadístico de crecidas máximas, los caudales indicados en la tabla anterior serían para TR menores.

Condiciones hidrológicas previstas en proyecto Presa Potrerillos:

Para el estudio y proyecto de la Presa Potrerillos se analizó la serie hidrológica del río Mendoza, se determinó la CMP (Crecida Máxima Probable) en función de la PMP (Precipitación Máxima Probable) y de la onda de crecida nival.

| Tipo | Caudal (m³/s) | Volumen (Hm³) | Duración Crecida | Recurrencia |
|-----------------------------|------------------|------------------|---------------------|---|
| Nival | 1.750 | 4.500 | 80 días | 10.000 años |
| Pluvial | 1.350 | 27 | 10 horas | 10.000 años |
| Crecida Glaciar El Plomo | 4.250 | 60 | 6 horas | 50 años (sin estudios paleoglaciar) |

Escenarios de los Órganos de operación de la presa:

| Órgano | Caudal (m³/s) |
|--|------------------|
| Descargador de Fondo | 700 |
| Aliviadero | 1.800 |
| Apertura simultanea de todos los órganos | 2.553 |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Ídem anterior embalse atarquinado | 2.983 |
|-----------------------------------|-------|

Estudio PAE (Plan de Acción Durante la Emergencia) de la presa Potrerillos:

En el PAE se analizaron los siguientes escenarios:

| Escenario | Caudal (m ³ /s) |
|---|-------------------------------|
| Q Pico de la Crecida Media Anual | 150 |
| Q Pico de la Crecida Máxima registrada | 400 |
| Q Máximo erogado por descargador de fondo | 700 |
| Q Máximo por túnel de alivio | 1.800 |
| Q Máximo erogado por apertura rápida de todos los órganos | 2.553 |
| Q Máximo erogado por apertura rápida de todos los órganos con atarquinamiento | 2.983 |
| Q Máximo por sifonaje de la presa | 117.198 |
| Q Máximo por rotura de la Presa por Sobrepaso | 277.717 |
| Q Máximo por deslizamiento a embalse lleno | 283.625 |

Crecidas aluvionales:

- Colector Aº Las Avispas:

El caudal máximo de diseño es de 450 m³/s, pero en sectores el Q max es de 300 m³/s. Para un TR mayor a 100 años.

- Colector Blanco Encalada

El caudal máximo es de 400 m³/s, para un TR mayor a 100 años.

De los registros obtenidos en las estaciones del pedemonte del Gran Mendoza (fuente INA), y del Servicio Meteorológico Nacional, se tiene las siguientes tormentas convectivas máximas registradas ordenadas por magnitud:

| Fecha | Lámina (mm) | Tiempo (min) | Estación |
|------------|----------------|-----------------|----------------------------|
| 31/12/1959 | 95.8 | 100 | Observatorio Mendoza (SMN) |
| 04/01/1970 | 64.3 | 70 | Chacras de Coria (INA) |
| 21/12/1972 | 59.5 | 65 | Chacras de Coria (INA) |
| 22/12/1984 | 61.5 | 110 | Chacras de Coria (INA) |

Solo la tormenta del 21/12/1972 coincide con la crecida del río Mendoza.

Probabilidades de ocurrencia:

Es necesario analizar la probabilidad de ocurrencia de las crecidas aluvionales en los colectores de las Avispas y Blanco Encalada con las crecidas del Río Mendoza, para ver si se pueden sumar sus efectos.

Como se observó los máximos caudales aforados en el río Mendoza, no coinciden en fecha con las máximas tormentas registradas, esto se debe a los siguientes fenómenos:

- Los caudales máximos en el río Mendoza se deben fundamentalmente a crecidas por fusión nival, las cuales estas generadas por una complejidad de variables: EAN (Equivalente de Agua de Nieve) o capa de nieve, densidad de la masa de nieve o tipo de nieve, fenómenos convectivos de aire y suelo, vientos y radiación solar entre otras. La precipitación también genera derretimiento de nieve por impacto y transferencia de energía (calor).
- Sin embargo, las tormentas convectivas en el Gran Mendoza y que activan los colectores aluvionales, son fundamentalmente de baja altura y se desarrollan con gran magnitud en el frente pedemontano, lejos del sector de Alta Montaña.
- No obstante, si existiera influencia del fenómeno convectivo, en especial la temperatura, que pueda acelerar la fusión nival, no genera crecidas simultáneas debido a que el proceso de transformación lluvia- nieve-caudal es mucho más lento que el de lluvia-caudal en una cuenca rural y mucho menos en una urbana. Esto se debe, a los fenómenos de transformación involucrados, a los tipos de cuencas (áreas y pendientes), y a su vez el tiempo de tránsito desde la fuente de la crecida como sería el río Mendoza desde Pta de Vacas, Cuevas o Tupungato hasta el desagüe del colector A° de Las Avispas (en el caso que no existiere la presa Potrerillos).

De lo anterior, se induce que no sería conveniente sumar linealmente los caudales de las distintas crecidas, debido a que no son probables.

Sin embargo, el Estado desde la planificación de zonas de inundación debe tener presentes escenarios y no disminuir la seguridad frente a crecidas que pongan en riesgos vidas humanas e infraestructura pública y privada.

A su vez, y retomando la idea de que el río Mendoza está regulado por la presa Potrerillos, el funcionamiento del mismo ya no responde a condiciones hidrológicas naturales, sino más bien, por funcionamiento de la operación de los órganos de evacuación de la presa.

También y como ya se comentó el río en este tramo presenta 2 colectores aluvionales que si funcionan por condiciones naturales.

Consideraciones geomorfológicas del río Mendoza

- 1^{er} tramo. Desde el pie de la presa hasta la descarga de la central Álvarez Condarco. Río encajonado.
- 2^{do} tramo. Desde la descarga de la central Álvarez Condarco hasta el puente del río RN N° 40. Río Trenzado.

Zonificación:

En la Dirección de Hidráulica, quedaron algunos antecedentes de recomendación de zonificación en función de lo expuesto anteriormente.

Por lo expuesto anteriormente y tomando recomendaciones internacionales para la zonificación de franjas de inundación podemos fijar los siguientes límites teniendo en cuenta las siguientes variables: caudal erogado por la presa Potrerillos, caudal aluvional de los colectores y tipo de río.

1. Zona 1 (Ribera): Uso público restrictivo del dominio privado

Caudal QP= 700 m³/s

Caudal QA TR 2 años = 50 m³/s

QT = 750 m³/s

2. Zona de Sirga: servidumbre o policía de uso público (no se cambia el Dominio se autoriza el uso del presente espacio)

Franja de 5 m desde Zona 1

3. Zona 2 : Restricción al uso privado y público (No se cambia el Dominio)

Desde Zona 1

Caudal QP= 700 m³/s

Caudal QA TR 100 años = 700 m³/s (Función Básica del Estado: Reglamento para la Presentación de Proyectos Hidrológicos).

QT= 1.400 m³/s

ó Considerar ancho por río trenzado

Hasta el límite de la zona 2 se permite el uso:

- Zonas de deporte y recreación.

Por encima de la zona 2 se permite el uso para:

- Barrios privados y públicos de bajo FOS e importantes vías de circulación reglamentación tipo pedemonte. Con defensa hidráulica perimetral.

4. Zona 3: (No se cambia el dominio)

Por encima de la Zona 3 se considera que las crecidas con pocos probables y de consideraciones extraordinarias.

QP = 1.800 m³/s

QA = TR superado para colectores

Se permite el uso para:

- Barrios privados y públicos.
- Clubes con zonas de deporte y recreación.
- Edificios públicos y privados

5. Zona 4: (No se cambia el dominio)

Por encima de la Zona 4 se considera que las crecidas con pocos probables y de consideraciones extraordinarias.

QP = 2.559 m³/s

QA = TR superado para colectores

Se permite el uso para:

- Barrios privados y públicos.
- Clubes con zonas de deporte y recreación.
- Edificios públicos y privados.
- Instalaciones industriales.

6. Zona 5: (No se cambia el dominio)

Por encima de la Zona 5 se considera que las crecidas son de escasa probabilidad de ocurrencia y de consideraciones catastróficas.

QP = 117.00 m³/s

QA = TR superado para colectores

Se permite todo tipo de uso.

ANÁLISIS HIDRÁULICO

Para el análisis hidráulico del Río Mendoza, se recomendó la utilización de una metodología moderna a través de un Modelo Hidrodinámico Bidimensional. Es importante tener en cuenta que es la primera vez que se realiza esta modelación en el Río Mendoza, lo que permite tener una mayor precisión en los cálculos hidráulicos.

Para ello se necesita como información primordial tener un Modelo Digital de elevación de alta precisión. En este sentido la Municipalidad de Luján de Cuyo la realización del MDE a través de tecnología de Vuelo No Tripulado (DRON).

El modelo obtenido es de Alta precisión pudiendo trabajar con pixeles de 1 m por 1 m sin inconvenientes.

El mismo permite tener una excelente plataforma para la modelación hidrodinámica.

El Modelo utilizado es el HECRAS 5.0.7.

La versión 5.0.7 del sistema de análisis de ríos (HEC-RAS) ya está disponible. Esta versión reemplaza la versión 5.0.4 y todas las versiones anteriores. El [Manual de usuario complementario HEC-RAS 5.0.4](#) describe todas las nuevas funciones que se agregaron a la versión 5.0.4. La información contenida en el Manual del usuario suplementario reemplaza la información en el Manual del usuario de HEC-RAS 5.0. La versión 5.0.4 de HEC-RAS incluye las siguientes características nuevas (descritas en detalle en el Manual del usuario suplementario):

1. Mejoras en el área de almacenamiento / Conexiones hidráulicas bidimensionales
2. Capacidades de paso de tiempo variable
3. Líneas de condiciones de contorno internas para áreas bidimensionales
4. Nuevo término de velocidad para condiciones de contorno de área de flujo bidimensional, conexiones unidimensionales y bidimensionales
5. Herramientas de edición del asignador RAS
6. Nuevas opciones de calibración y modificación de ecuaciones de transporte y editor
7. Propiedades variables del sedimento
8. Conexión de sedimento de vertedero lateral a un área bidimensional
9. Condiciones de contorno de la etapa interna casi inestable
10. Parámetros de sedimento en el editor de reglas HEC-RAS

También se agregaron otras mejoras menores. El equipo de desarrollo también continuó las pruebas cuidadosas y sistemáticas del software desde la última versión. Los resultados de esas pruebas en combinación con los informes de los usuarios han permitido la identificación y reparación de varios problemas. Algunos problemas menores que no afectaron los resultados pero causaron problemas en la interfaz del software se han reparado sin documentarse específicamente. Para obtener más información sobre las [novedades y los errores](#) solucionados de la última versión, consulte las [notas](#) de la versión [HEC-RAS 5.0.7](#)

Consideraciones de modelación

Hipótesis:

En función del análisis hidrológico se considera adecuado realizar 2 verificaciones:

Hidrograma 1: Q max 700 m³/s

Hidrograma 2: Q max 1.800 m³/s

Se utilizan números de Manning variable en función de las características del área, para lo cual se consideran regiones homogéneas:

Márgenes: n (0,06 -0,09)

Lecho Río: n = 0,045

Condición de Contorno Aguas Arriba. Régimen Impermanente.

Condición de Aguas Abajo: Tirante Normal. Pendiente de Fricción 0,01

A continuación se presentan los resultados de la simulación:

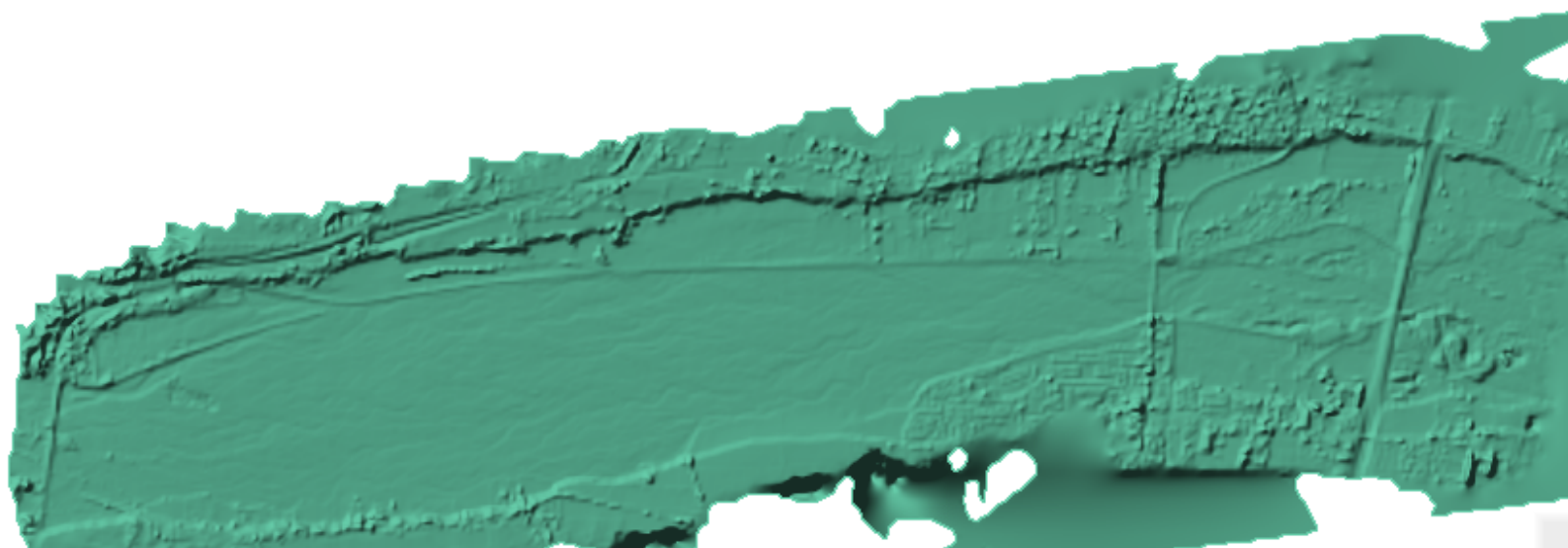


Ilustración 2: MDE del tramo del Río

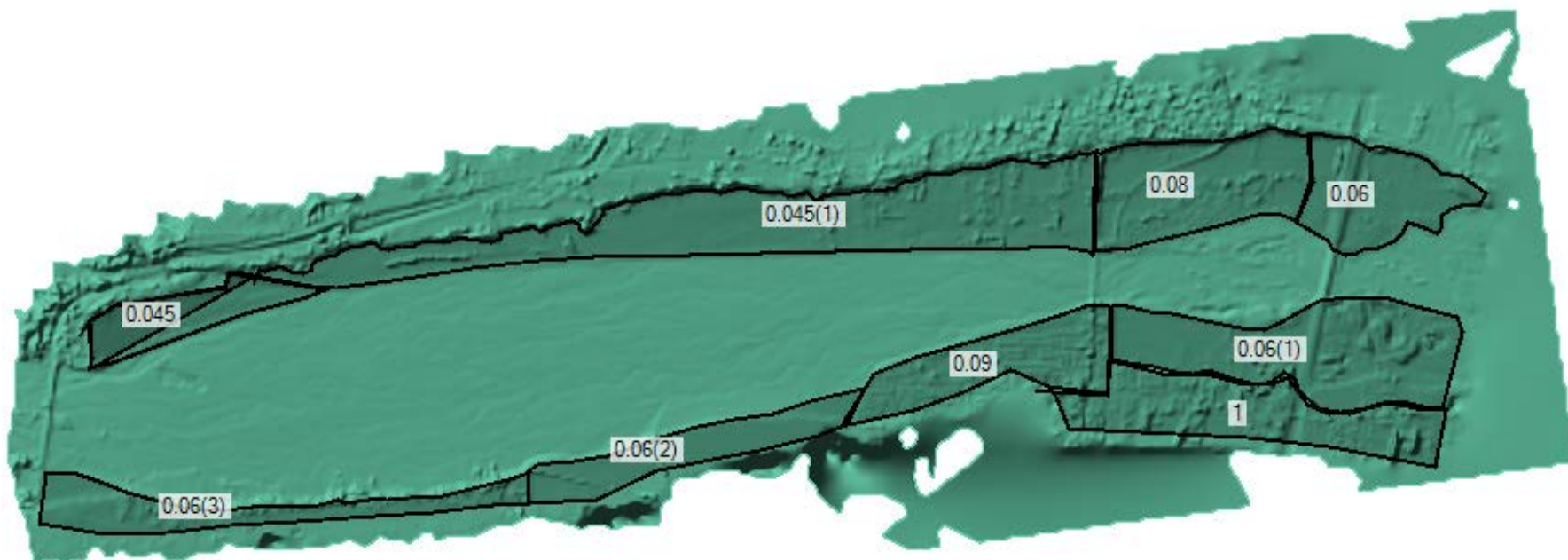


Ilustración 3: Mapa de Regiones de Número de Manning

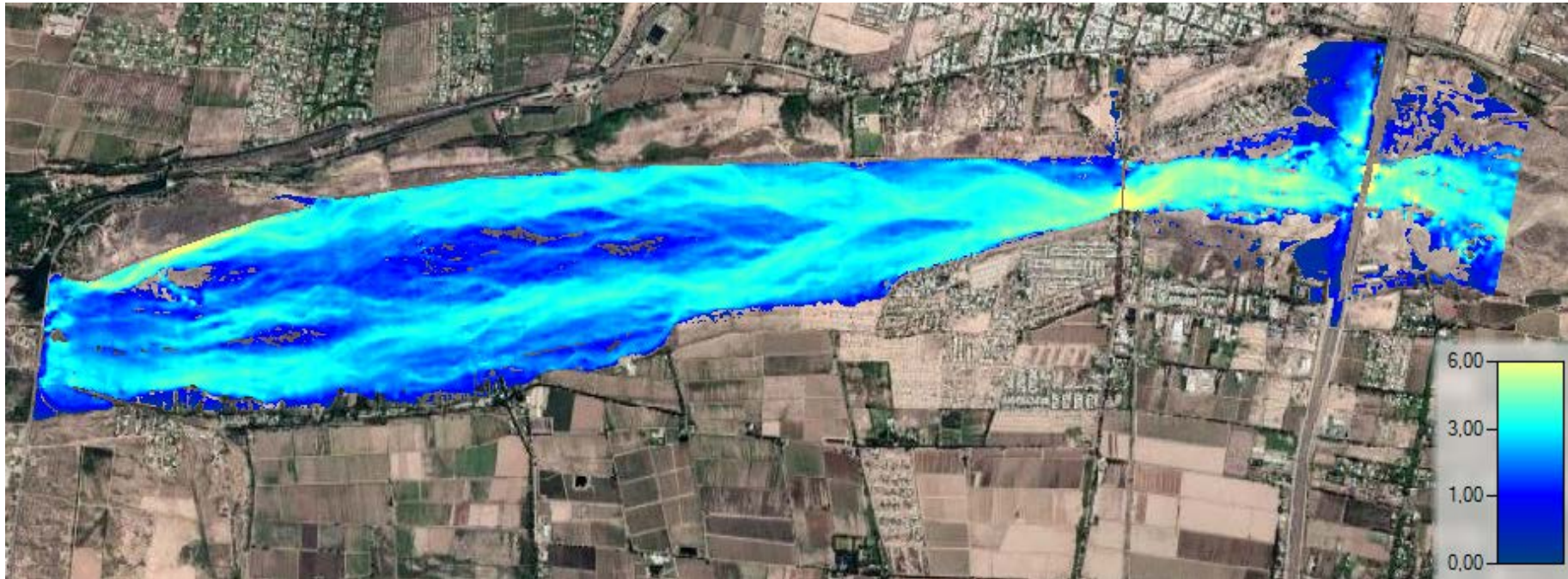


Ilustración 4: Resultados de la Modelación para $Q = 1.800 \text{ m}^3/\text{s}$. Mapa de Velocidades Máximas

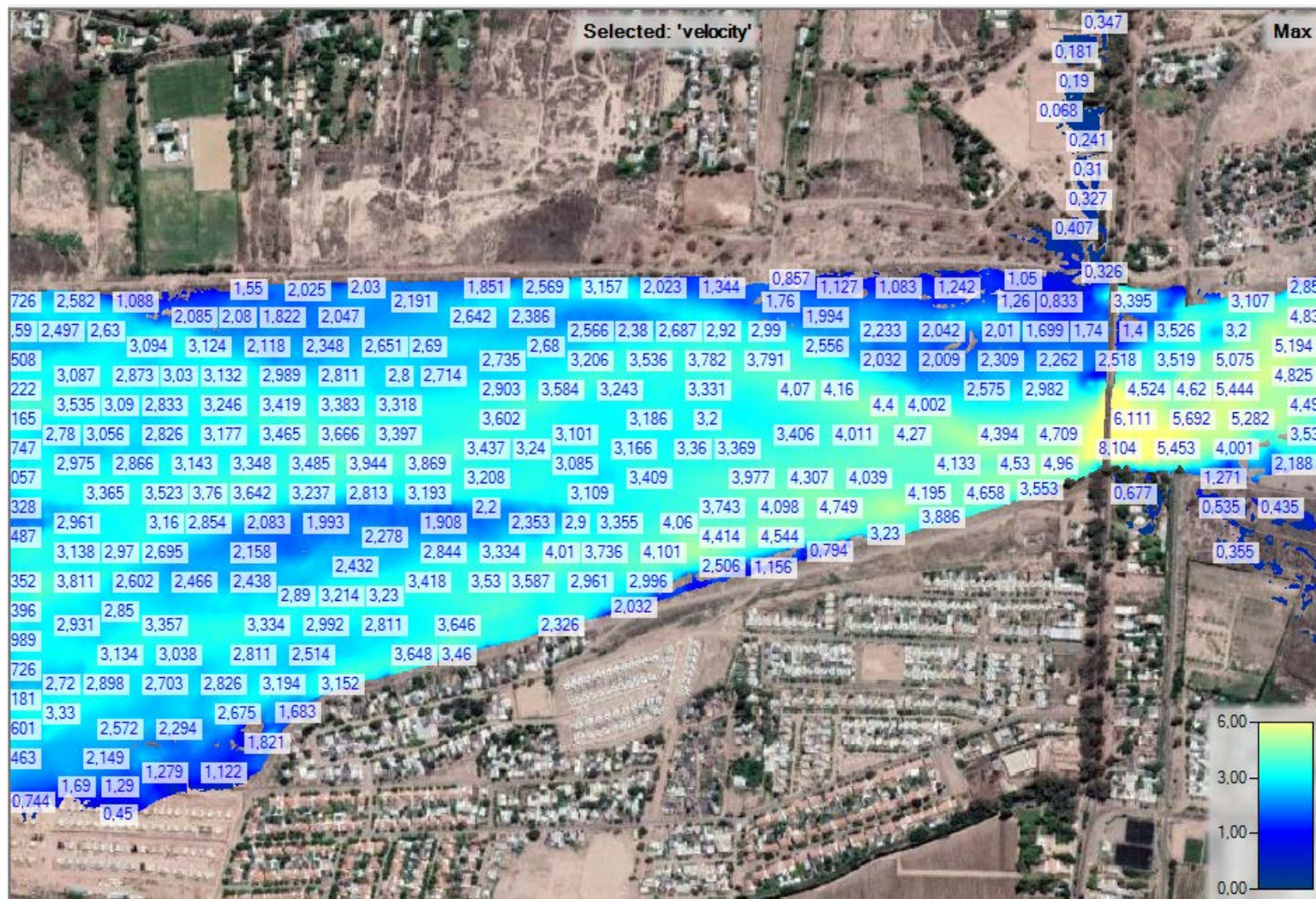


Ilustración 5: Resultados de la Modelación Bidimensional para $Q = 1.800 \text{ m}^3/\text{s}$. Mapa de Velocidades Máximas en zona de Defensa Sur.

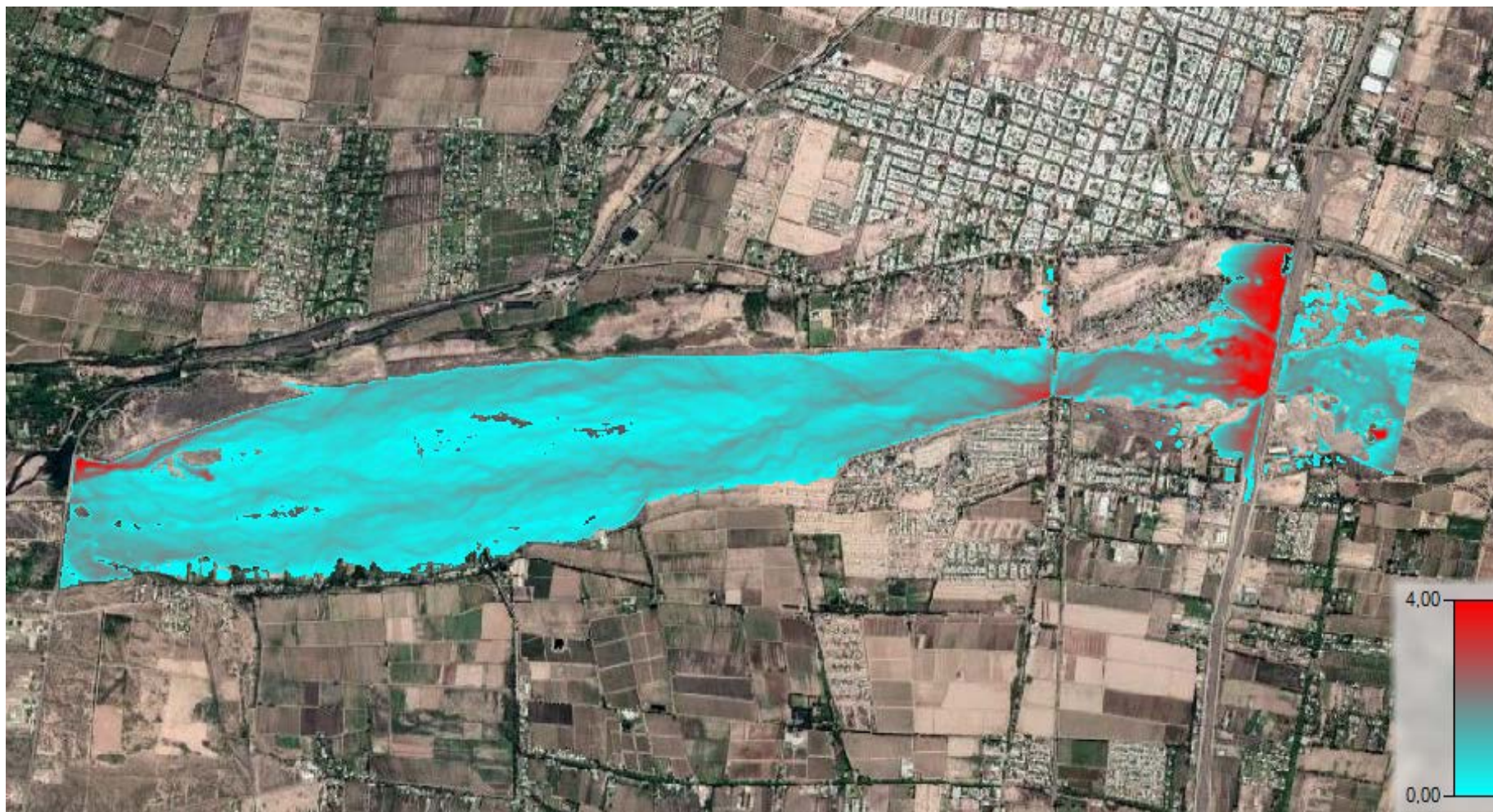


Ilustración 6: Resultados de Modelación Bidimensional $Q = 1.800 \text{ m}^3/\text{s}$. Mapa de Tirantes Máximos en (m)

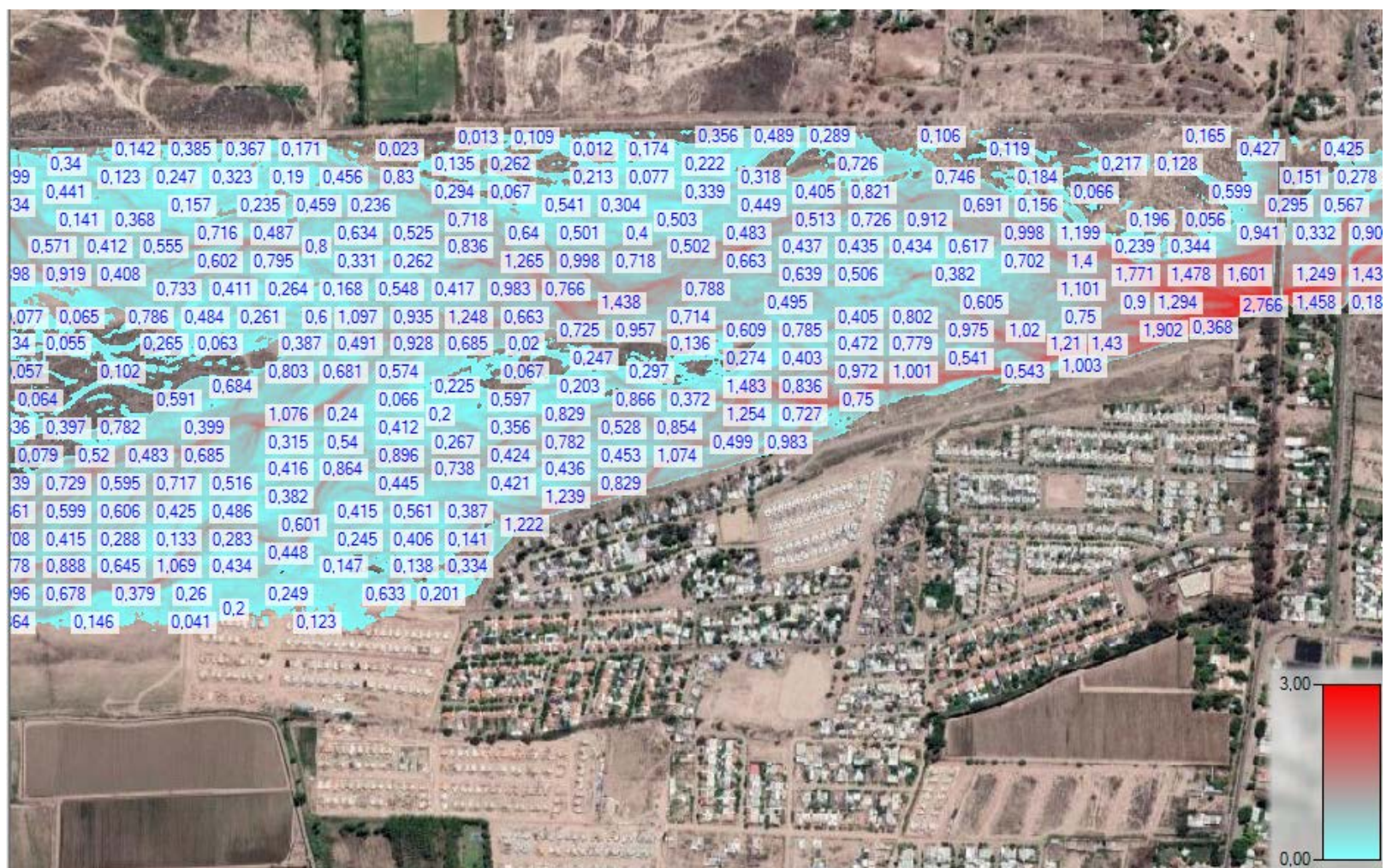


Ilustración 8: Resultados de la Modelación Bidimensional para $Q = 700 \text{ m}^3/\text{s}$. Mapa de Tirantes Máximos en la zona de la Defensa Sur

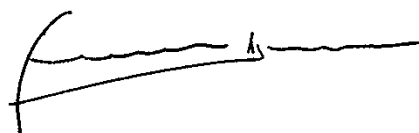
CONCLUSIONES

- La defensa actual verifica para un Q 700 y Q 1.800 m³/s.
- En el Río se observan profundidades en la zona de la Defensa de 3,30 m para (Q1800) y de 2,80 m (Q700).
- En el caso de Q1800, las velocidades máximas llegan a 8,1 m/s en la zona del encuentro de la Defensa con el Puente de la RP 15.

Se recomienda:

- Mantener el terraplén de la defensa en perfecta condiciones (sin basuras, vegetación e instalaciones fijas).
- Se puede aprovechar el coronamiento del terraplén como camino de ribera.
- Se recomienda desalojar los caseríos u otras instalaciones particulares, que se encuentran a menos de 10 m del talud del terraplén, de forma de poder mantener el mismo en perfecta condiciones.
- Se debe verificar todos los años el estado del Pedraplen, de forma de observar asentamientos o desmoronamientos del mismo.
- Se debe prohibir la bajada de caminos sin infraestructura adecuada a través o rompiendo la defensa.
- Se debe revisar todos los años el estado de las pilas del puente dela RP15, si no tiene erosiones locales importantes. Velocidades más altas.
- Se debe ir saneando el río, sacando los basurales de Margen izquierda y prohibir el vuelco de cualquier tipo de material (Residuos domésticos, escombros, materiales de construcción, etc.).

Sin otro Particular le saludo con atenta consideración.



M.Ing. Marcelo A. Toledo

MP: 7736-A