

Santiago, 29 de agosto de 2016

Señora  
**Carolina Silva Santelices**  
Fiscal Instructor  
Superintendencia del Medio Ambiente  
Presente



**Ref.: Complementa Respuesta a Res. Ex. N° 3/ROL N° F-015-2016.**

De nuestra consideración:

Como es de su conocimiento, el pasado viernes 26 de agosto de 2016, Hidronalcas S.A. dio respuesta a la Res. Ex. N° 3/ROL N° F-015-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente ("SMA"), entregando una nueva propuesta de Programa de Cumplimiento ("PdC) por medio de la cual se acogen las observaciones realizadas por la SMA mediante el oficio antes mencionado.

Por un error involuntario, no se acompañó a dicha presentación la memoria de cálculo para respaldar técnicamente el sistema para el escurrimiento del caudal ecológico propuesto en la Acción N° 7 del PdC. En virtud de lo anterior, adjunto a esta presentación dicho documento complementando la presentación de fecha 26 de agosto.

Esperando una buena acogida, se despide atentamente

Paolo Scotta  
p. Hidronalcas S.A.

**Mini Central Hidroeléctrica Nalcas**

**MEMORIA DE CALCULO PASO POR EL CAUDAL ECOLOGICO**

Elaborado para:

**HIDRONALCAS SA**  
Av. Vitacura n° 2609, of 902  
LAS CONDES (Santiago)  
Chile

1	Introducción .....	3
2	Antecedentes .....	3
2.1	Caudales ecológicos .....	3
2.2	Características obra de toma y modalidad de funcionamiento.....	3
3	Dimensionamiento obras.....	4
3.1	Flujo por el orificio en la compuerta desripiadora.....	4
3.2	Modalidad de emergencia .....	5
4	Referencias.....	6

---

ecológico

## **1 Introducción**

En el presente documento se describe la memoria de cálculo del paso por el caudal ecológico de la Bocatoma colocada en el río Nalcas.

## **2 Antecedentes**

### **2.1 Caudales ecológicos**

Según la resolución n° 705 del 08 de Agosto del 2012 la titular de los derechos de aprovechamiento deberá dejar pasar permanentemente aguas abajo del punto de captación, el caudal necesario para la conservación del equilibrio ecológico del lugar, el que no podrá ser inferior a 620l/s.

### **2.2 Características obra de toma y modalidad de funcionamiento**

La obra de toma de la bocatoma en el río Nalcas está constituida por una barrera transversal al flujo del río que peralta el agua permitiendo el ingreso al desarenador y consecuentemente a la cámara de carga. El paso para el caudal ecológico está constituido por un orificio en la compuerta desripiadora que permite que el paso del caudal ecológico esté garantizado siempre en forma automática independientemente de la intervención de la mano del hombre.

El nivel del agua en condiciones nominales de funcionamiento en el desarenador y en la cámara de carga será siempre igual o mayor a la cota de la cota vertiente del vertedero lateral (333.00 m.s.n.m.). Este valor del nivel del agua en la cámara de carga es el valor que permite la eficiencia máxima de la planta porque se maximiza la caída disponible.

### 3 Dimensionamiento obras

#### 3.1 Flujo por el orificio en la compuerta desripiadora

Para el paso del caudal ecológico se escoge utilizar un orificio circular en la compuerta desripiadora, la cual está dimensionada para permitir el caudal ecológico por la abertura.

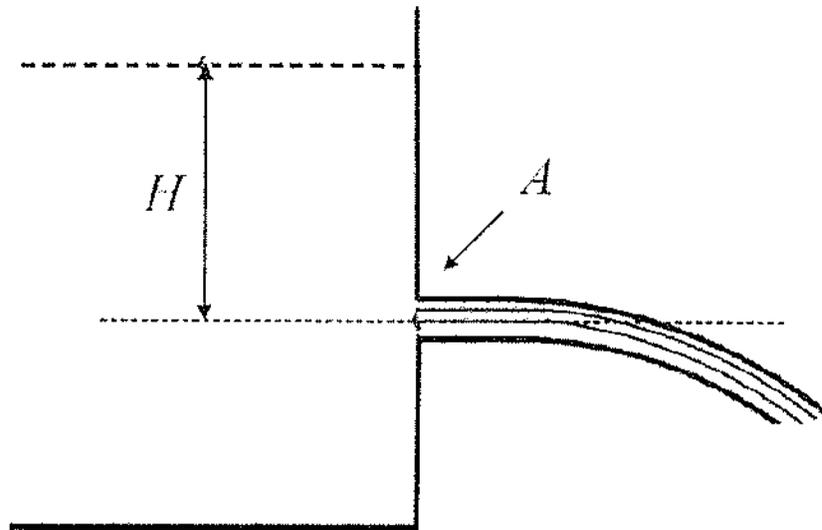


Figura 1: Abertura Compuerta desripiadora

El paso para el caudal ecológico es dimensionado en base al **Teorema de Torricelli**. Éste considera el principio de Bernoulli y estudia el flujo de un líquido contenido en un recipiente, a través de un pequeño orificio, bajo la acción de la gravedad. A partir del teorema de Torricelli se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio.

Luego, el caudal que pasa por el orificio está dado por la relación:

$$Q_{ecológico} = C_D \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Dónde:

- ✓  $Q_{ecológico}$ : Según la resolución n° 705 del 08-08-2012 de la DGA, es igual a 620 [l/s]
- ✓  $C_D$ : Coeficiente de descarga. Es el producto entre el Coeficiente de velocidad " $C_v$ " y el de contracción " $C_c$ ", los cuales consideran las pérdidas de velocidad y área, por el paso del fluido a través del orificio. Se considera teóricamente igual a 0.61. (Ref 2)
- ✓ H: diferencia entre el nivel del agua y el orificio
- ✓ A: Área del orificio

orificio.

Para calcular el área del orificio necesaria que asegure el paso del caudal ecológico establecido, se estudian todos los escenarios para identificar el peor de ellos, que ocurre cuando la altura del agua sobre el orificio es igual a 2.4 [m]. En caso que la altura del agua sobre el orificio sea inferior a 2.4 [m] el agua no podrá ingresar de la forma correcta en la tubería siendo que no se dan las condiciones de sumergencia mínima.

Para el cálculo de las dimensiones del orificio se considera la situación más desfavorable, que se da cuando la altura del nivel del agua está 2 metros por sobre el orificio.

Luego, el área del orificio es igual a 0.16 [m<sup>2</sup>].

Considerando este parámetro, el caudal ecológico que pasará aguas debajo de la barrera en función de nivel del agua será igual a:

H [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]
2	0.620
2.1	0.635
2.2	0.650
2.3	0.665
2.4	0.679
2.5	0.693
2.6	0.707
2.7	0.720
2.8	0.734

Como se puede observar, el agua que pasa a través de la abertura siempre se mantiene superior al valor mínimo solicitado por la DGA y en condiciones de funcionamiento nominal de la planta.

Las dimensiones del orificio por lo tanto son:

- Superficie: 0.16m<sup>2</sup>
- Forma: rectangular
- Largo x Ancho: 0.4 x 0.4m

### 3.2 Modalidad de emergencia

En casos de emergencia, constituidos principalmente por fenómenos de inundación o de estiaje el paso del caudal ecológico será siempre garantizado.

En condiciones de inundación el paso del caudal ecológico será garantizado ya que el caudal que pasará aguas abajo de la barrera será siempre altamente superior el caudal ecológico establecido en la resolución de la DGA. El agua podrá pasar a través del orificio en la compuerta desripiadora dimensionada para el paso del caudal ecológico, a través del vertedero de excedencia de la barrera o a través de la misma compuerta desripiadora.

En condiciones de estiaje, en particular cuando:

$$Q_{\text{disponible}} < Q_{\text{caudal ecológico}} + Q_{\text{mín turbina}}$$

