

AFORADORES DE GARGANTA LARGO TIPO PARA EL D.R. 063 GUASAVE

Jorge A. Castillo González^{1*}; Juan Carlos Herrera Ponce²

^{1,2}Subcoordinación de Agua y Alimentos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

jorgecas@tlaloc.imta.mx*, jherrera@tlaloc.imta.mx (*Autor de correspondencia)

Resumen

Dentro del Proyecto de Asistencia Técnica a Módulos de Riego en el D.R. 063 Guasave la medición del agua de riego es una componente de suma importancia ya que permite controlar y planear de la mejor manera los volúmenes de agua disponibles, los puntos importantes de medición son los puntos de control y las Tomas Granja, donde se entrega el agua al usuario. Los puntos de control importantes de cada Módulo de Riego son los puntos donde reciben el agua de la S.R.L. o de la CONAGUA y los puntos internos de repartición del agua en secciones o áreas equivalentes.

En los puntos de control, sobre todo en los puntos de recepción, es conveniente tener un Sistema de Medición o Estructura de Medición que indique de manera instantánea el gasto y que posibilite la integración de éste para conocer el volumen utilizado, es recomendable también la telemetría e incluso el control automatizado. Para las Tomas Granja es recomendable el tener el gasto instantáneo e incluso la telemetría y automatización, sin embargo, los costos para las Tomas Granja no pueden ser altos debido a que el número de instrumentos o estructuras es muy alto comparado con los puntos de control.

Dentro de este contexto se propone la utilización de Aforadores de Garganta Larga (AGL) tipo para medir el gasto instantáneo y que en un mediano plazo puedan instrumentalizar con telemetría.

Palabras claves: aforadores, medición, eficiencia.

Introducción

El agua de riego está cada vez más bajo una presión social debido a que existe una creciente demanda de agua en todos los ámbitos, y el ámbito agrícola no es la excepción, además de que en algunas zonas la escasez en las zonas urbanas presiona las zonas rurales. Cada vez hay más superficie bajo riego y el agua sigue siendo la misma lo que provocara en un corto plazo problemas de distribución de agua en los Módulos de Riego. Este hecho impone la necesidad de mejorar el control en la repartición de los volúmenes de riego, para lo cual es necesario la implementación de la medición en distintos niveles junto con un sistema de contabilidad de la misma, existen ya sistemas en los Módulos de Riego para esto, sin embargo, no tienen el nivel de efectividad requerido ya que están basados en sistemas de medición poco precisos como son la estimación de los gastos a la vista basados en la experiencia del canalero. Esto hace necesario la implementación de mejores prácticas en la medición del agua de riego.

Existen diversos niveles en la tecnificación de la medición, desde los más sofisticados con sistemas monitoreados con telemetría hasta los más simples como la medición con molinetes o hasta el uso de flotadores. Para los puntos de control, sobre todo los puntos de entrega, se recomienda que se instalen sistemas que incluyan telemetría para una mejor medición y cálculo de los volúmenes utilizados. En el caso de las Tomas Granja se recomienda el uso de estructuras de régimen crítico (Castillo, 2016), principalmente por el número de estructuras requeridas, además estas pueden instrumentarse o dejar esto para un futuro. De las estructuras de régimen crítico que pueden usarse son entre otras, el vertedor tipo Guamúchil, el Parshall, el Venturi y en especial los AGL. Los AGL son las estructuras de medición de más reciente aparición y también son las que tiene más ventajas con respecto a las otras, las principales ventajas de éstas son su capacidad de adaptarse a un gran número de situaciones con diferentes gastos y que como sus se pueden calibrar en la computadora, no tienen que ser de construcción “perfecta” para que su calibración sea válida, es por esta razón que se usaran en este trabajo AGL para las estructuras tipo, sin embargo, en el caso de que ya exista una estructura funcionando lo recomendable es utilizar ésta no importa cuál sea esta.

Materiales y Métodos

Diseño del AGL

Para el diseño de los AGL se aplican los siguientes pasos:

- Recolección de información: croquis con dimensiones y niveles del sitio de la obra. Aquí hay que anotar todas las características que puedan afectar el funcionamiento del AGL
- Análisis de la información: identificación de las cargas disponibles.

- Propuesta de dimensiones: propuesta de dimensiones, cálculo de la relación carga-gasto, cargas necesarias.
- Propuesta de dimensiones definitivas: que cumplan con los requerimientos de carga y las necesidades de medición.
- Elaboración de un Proyecto Ejecutivo.

Recolección de información: La información requerida son los niveles y las dimensiones plasmadas en un plano o croquis del sitio donde se colocará la estructura, los niveles requeridos son los niveles del canal, plantilla, hombros, nivel máximo de operación y nivel mínimo de operación, de igual manera a la salida de la toma se requieren los niveles de la estructura existente, piso y hombros o su equivalente, y los niveles de operación mínimo y máximo y el nivel del agua a la salida, inmediatamente después de la estructura, que depende de las condiciones de las parcelas a regar (punto más alto, pendiente y condiciones de la regadera), el nivel del agua a la salida de la estructura puede variar dependiendo de la zona que se requiere es el valor más crítico, que es el más alto.

Las dimensiones de la toma también son requeridas fundamentalmente para la estimación de la pérdida de carga en la toma. El levantamiento de esta información puede hacerse con un teodolito (estación total) o preferentemente con un nivel y cinta, aquí también hay que anotar la longitud del tubo que conecta la Toma Granja con la salida, su diámetro y material para estimar la pérdida de carga. Desde luego deben anotarse los gastos máximos y mínimos correspondientes a los niveles anotados.

Análisis de la información: En el análisis se determinan las cargas disponibles para la operación de la estructura de medición; la carga máxima disponible debe corresponder con el nivel máximo en el canal combinado con el nivel máximo de operación aguas abajo de la toma; el nivel mínimo corresponderá a cuando se tenga el nivel mínimo en el canal con el gasto mínimo de operación aguas abajo de la toma que puede ser la condición más crítica, si existe suficiente carga en esta situación es posible poner casi cualquier estructura, sin embargo se pueden llegar a tener márgenes muy pequeños de operación y diseño por lo que no es recomendable dar un poco más de margen de operación; los niveles más convenientes para el diseño de la estructura de medición viene de la combinación del nivel de operación del canal con el nivel máximo aguas abajo de la toma, con estos niveles se garantiza la operación de la estructura de medición en la mayoría de los casos.

Propuesta de dimensiones: Con las cargas disponibles, la capacidad requerida, es decir los gastos máximo y mínimo requeridos, utilizando un software para el cálculo del flujo en AGL, en este caso el Winflume, puede realizarse el dimensionamiento para tener las propuestas que cumplan con los requisitos de la Toma, desde luego, si se tiene las cargas requeridas para el funcionamiento del mismo.

Proyecto: Una vez obtenidas las dimensiones del AGL hay que elaborar un documento que sirva de base para su construcción y/o instalación, dependiendo de los requerimientos de la documentación puede seguirse un cierto “protocolo” para el “Proyecto”. Este Proyecto debe incluir por lo menos las dimensiones y la calibración del

AGL, esta información la proporciona el WinFlume, las dimensiones en un croquis y la calibración en forma de tabla y proporciona una ecuación obtenida por regresión de la forma $Q = K_1(h_1 + k_2)^u$, donde generalmente $K_2 = 0$, el coeficiente de determinación es prácticamente 1. La tabla de calibración puede calcularse en el intervalo y con los pasos que se desee con el WinFlume, un detalle importante que debe incluirse en el croquis o plano de instalación del Proyecto es la colocación del AGL con respecto a la estructura de salida de la Toma Granja ya que de esto dependen las cargas disponibles para el funcionamiento de los AGL. Otra información deseable en el documento del Proyecto, si es que se planea hacer la obra en concreto reforzado es el plano con los detalles de la Obra Civil del AGL, esto debe ser elaborado aparte del WinFlume de preferencia por un Ingeniero Civil o equivalente.

Con el Proyecto elaborado puede usarse para la construcción e instalación del AGL.

AGL tipo

Para la resolver el problema de medición en los Módulos de Riego del D.R. 063 Guasave, Sinaloa se proponen una serie de tres AGL tipo para facilitar la selección e instalación de medidores en las Tomas Granja del Distrito de Riego, para esto se consideró un rango de gastos de 40 l/s hasta 300 l/s, considerando que los gastos promedio por riego el Distrito de Riego es de 80 l/s hasta 120 l/s esto cubre desde gastos pequeños (ocasionales) hasta 3 ó 4 riegos por toma.

Considerando que en la salida de Tomas Granja no se sale a canales trapeziales sino de formas más irregulares los AGL tipo se “montan” sobre canales rectangulares para facilitar su construcción e instalación. Estos AGL tipo pueden construirse en concreto, lámina de acero, aluminio o madera.

El primer AGL tipo quedo con las siguientes dimensiones:

Gasto mínimo = 40.00 l/s

Gasto máximo = 300 l/s

Ancho del aforador = 1.0 m, rectangular

Ancho de garganta 0.70 m, rectangular

Escalón = 0.030 m

Desnivel = 0.200 m

Ecuación: $Q = 1.044 * h^{11.541}$

Los detalles del aforador se muestran en los siguientes croquis:

Este primer AGL tipo es de 1 metro de ancho y se contrae en la garganta hasta 0.7 metros, los siguientes dos AGL tipo son de 0.8 metros de ancho para facilitar su construcción e instalación, en el AGL tipo 2 la garganta es de 0.50 metros y en el AGL tipo 3 la garganta es de 0.40 metros. Los dos AGL tipo finales, dos y tres son 0.20 metros menos ancho con diferentes gargantas considerando que una mayor contracción eleva los niveles requeridos y con esto baja el nivel de incertidumbre en la medición, pero al mismo tiempo se requieren mayores cargas para el funcionamiento.

En la figura 1 se ve el corte longitudinal del AGL tipo 1, donde puede verse la colocación de la escala o la sección donde se colocará el instrumento de medición, el tramo de aproximación la sección de convergencia y la garganta o sección de control donde se provoca el tirante crítico.

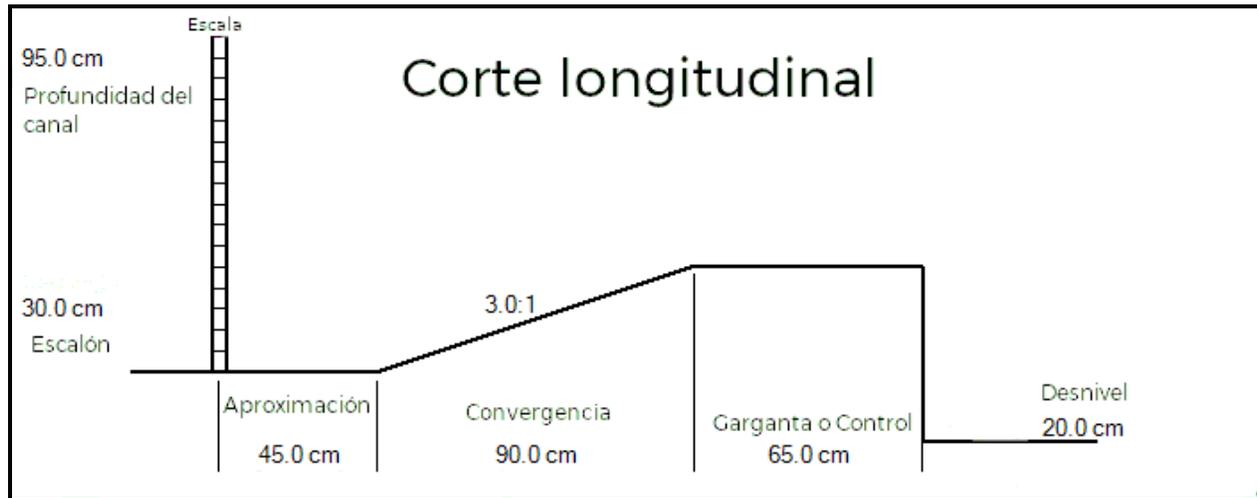


Figura 1. Corte longitudinal del AGL tipo 1.

En la figura 2 se ven las secciones transversales del canal de aproximación, de la garganta y del canal de salida que se considera parabólico considerando que generalmente es de tierra y es la forma que en forma natural toma el canal.



Figura 2. Secciones transversales de: 1.- Canal de llegada; 2.- Garganta; 3.- Canal de salida.

En la figura 3 se tienen las vistas desde aguas arriba y desde aguas debajo de la estructura (AGL).

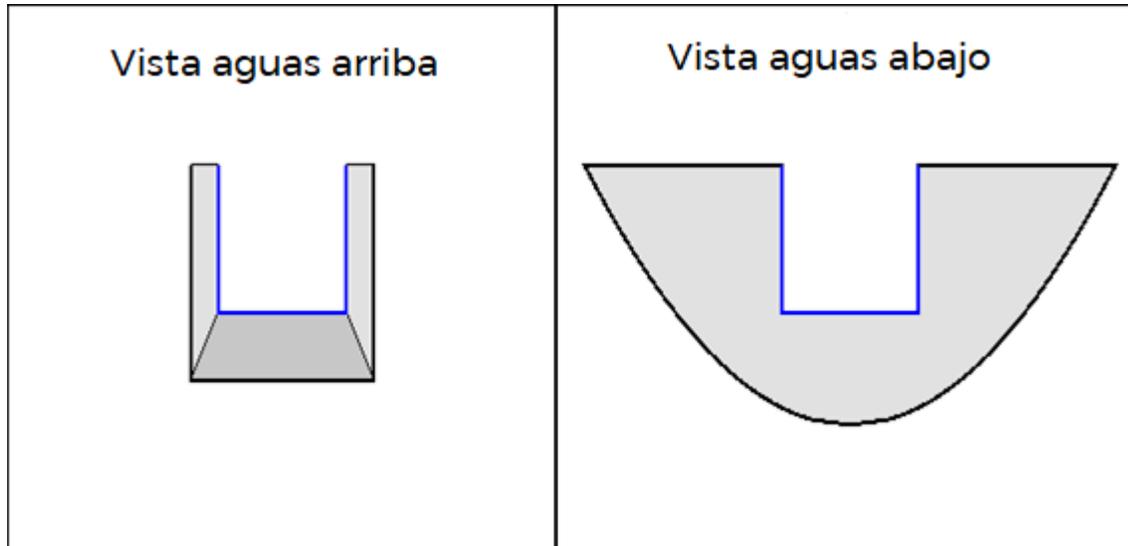


Figura 3. Vistas del AGL, aguas arriba y aguas abajo.

En las siguientes figuras (4 ,5 y 6) se ve el corte longitudinal, secciones y vistas del AGL tipo 2.

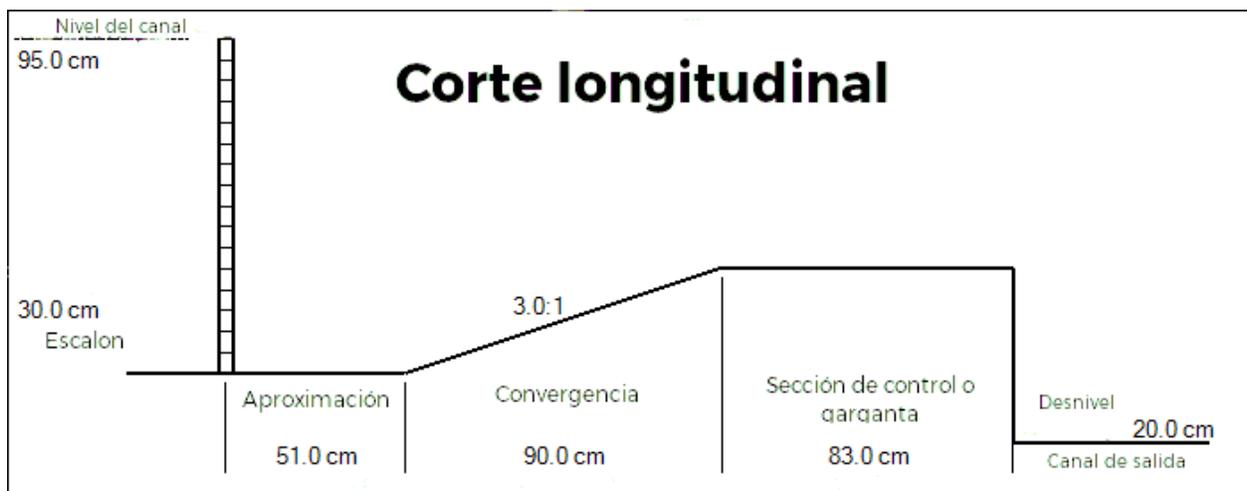


Figura 4. Corte longitudinal del AGL tipo 2.

Al igual que en la figura 2 en la figura 4 se ven las secciones transversales del canal de aproximación, de la garganta y del canal de salida que se considera parabólico.

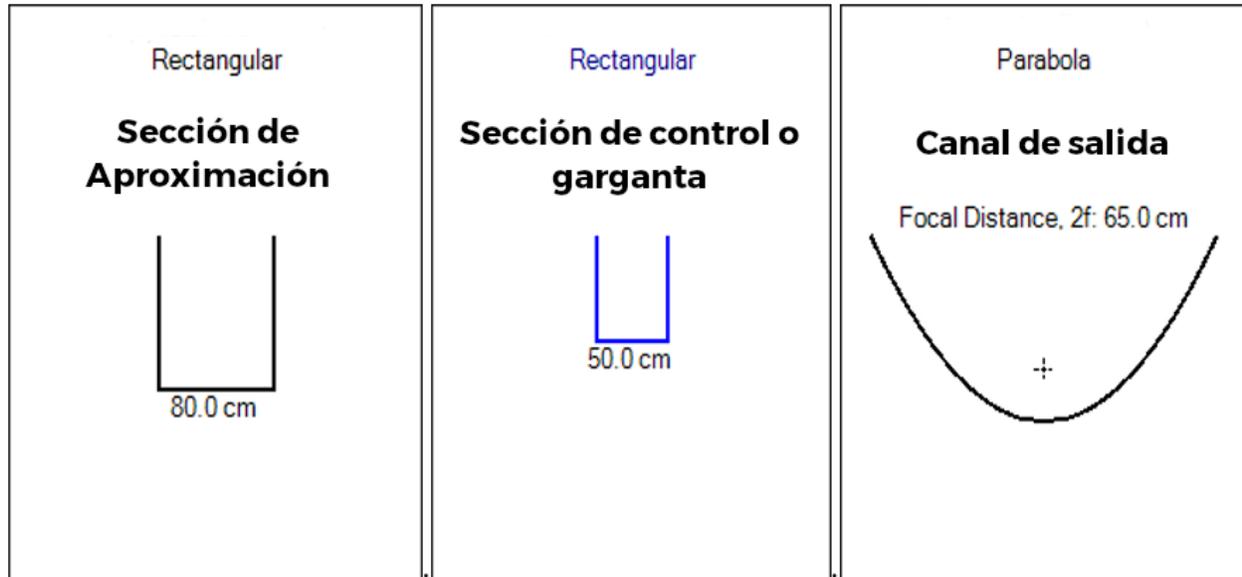


Figura 5. Secciones transversales de: 1.- Canal de llegada; 2.- Garganta; 3.- Canal de salida, AGL tipo 2.

En la figura 6 puede verse las vistas aguas arriba y aguas debajo de la estructura (AGL tipo 2), puede verse que la figura 6 es similar a la figura 3, lo que cambia son las proporciones debidas a las diferencias en dimensiones.

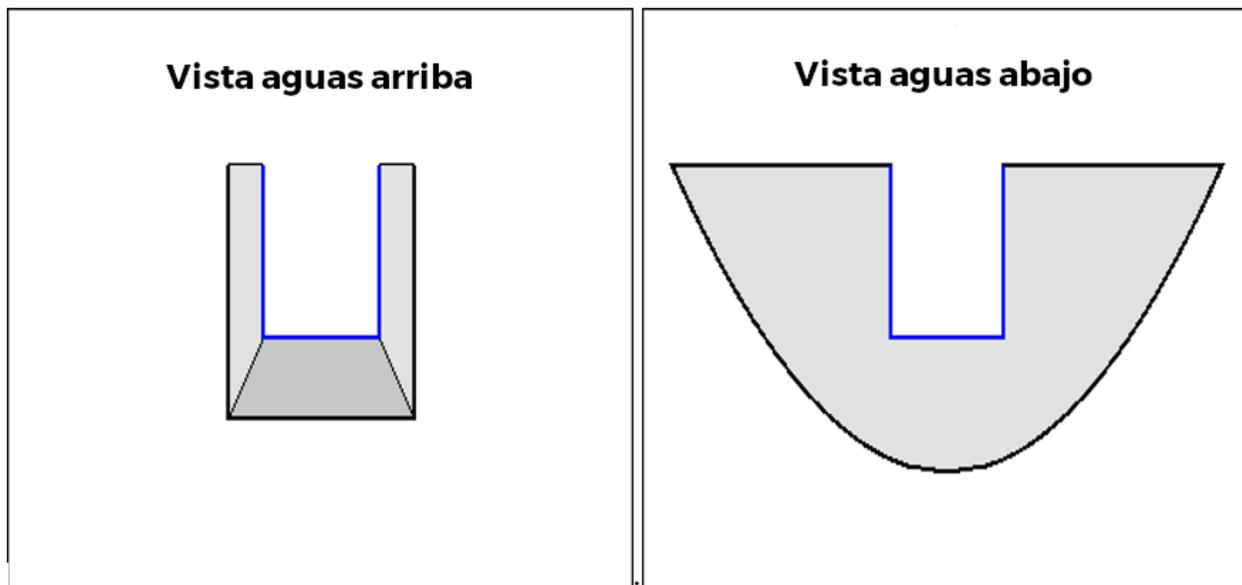


Figura 6. Vistas del AGL, aguas arriba y aguas abajo.

En las siguientes figuras (7 ,8 y 9), de forma similar al anterior se ve el corte longitudinal, secciones y vistas del AGL tipo 3.

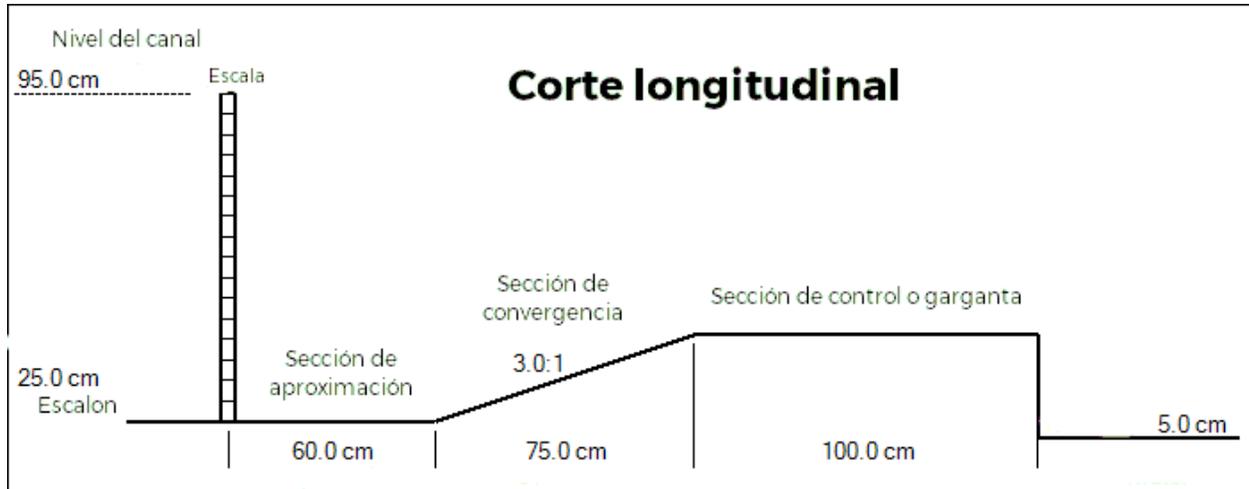


Figura 7. Corte longitudinal del AGL tipo 3.

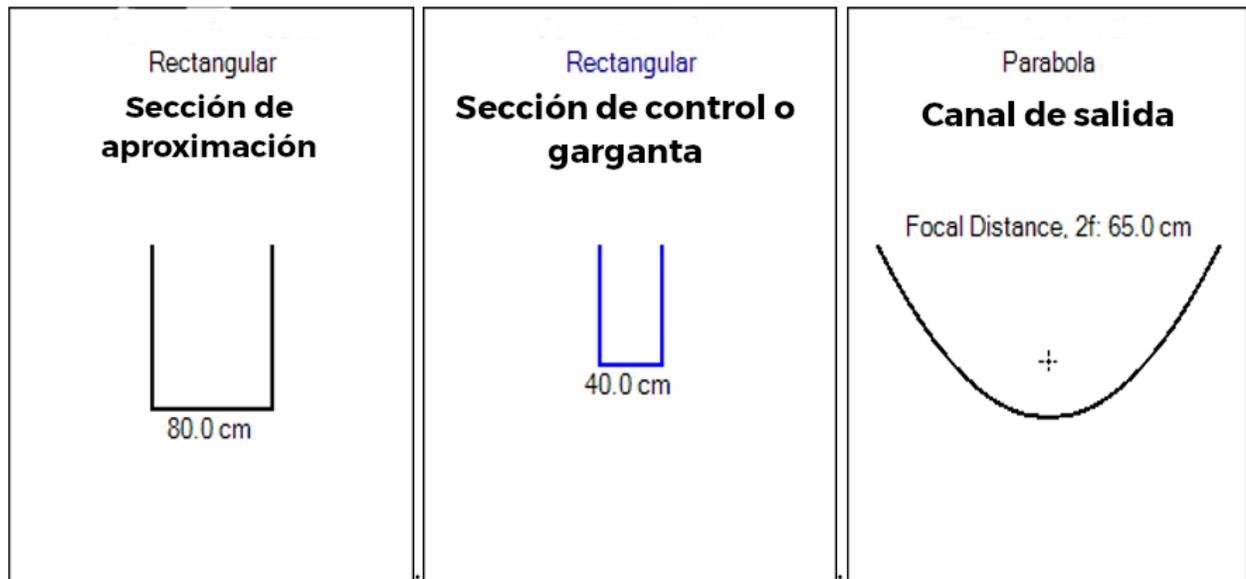


Figura 8. Secciones transversales de: 1.- Canal de llegada; 2.- Garganta; 3.- Canal de salida, AGL tipo 3.

En la figura 9 puede verse las vistas aguas arriba y aguas debajo de la estructura (AGL tipo 3), puede verse que esta figura (6) es similar a la figura 3 y la 6.

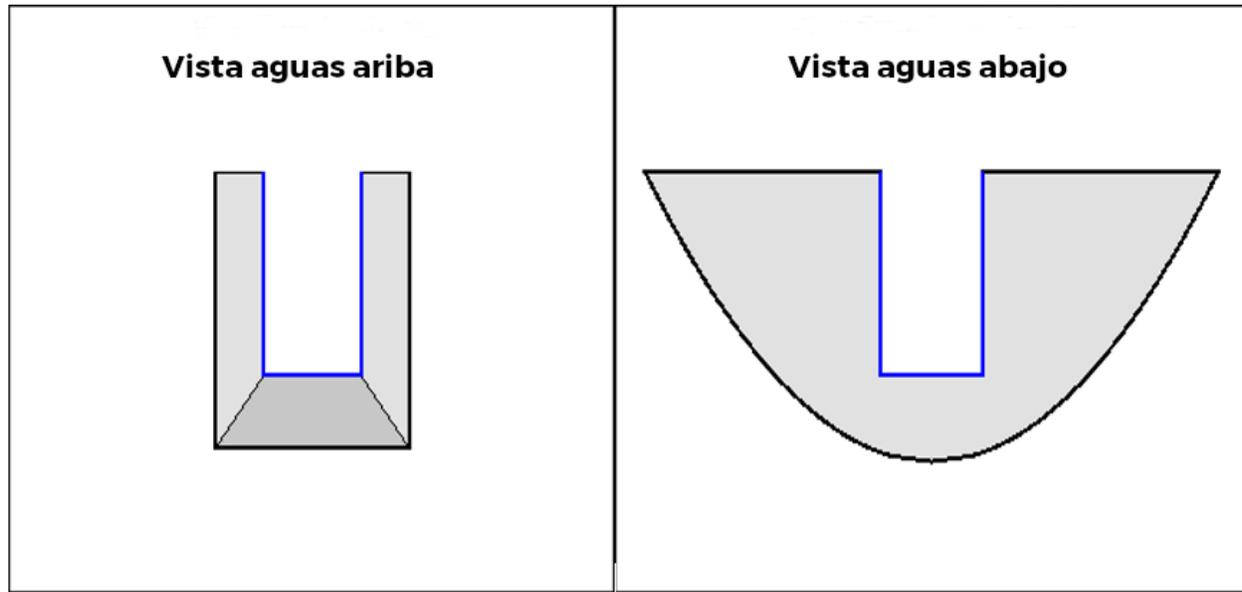


Figura 9. Vistas del AGL, aguas arriba y aguas abajo. AGL tipo 3.

Resultados y Discusión

En la propuesta de los AGL tipo existen muchas posibilidades de AGL, es su diseño se consideró la sencillez en su construcción obteniendo la menor incertidumbre posible en la medición, dadas las circunstancias. Es por esto que, aprovechando que la salida de las Tomas Granja en el distrito no tiene una forma definida de canal, trapecial, rectangular, o alguna otra, se escogió la rectangular ya que es la más simple de elaborar con cualquier material, de esta manera se minimiza el costo y se favorece su masificación.

En la figura 10 se presentan las gráficas de las relaciones Gasto – Carga, $Q = f(H)$, es decir gasto como una función de la carga. En estas graficas se observan las diferentes características de los AGL tipo, en la gráfica se tienen comparados prácticamente el rango de 40 l/s hasta 300 l/s, como se ve los tres AGL tipo manejan este rango, sin embargo, los requerimientos de carga son diferentes.

El AGL tipo 1 funciona con cargas de 10 cm hasta 40 cm, el AGL tipo 2 requiere cargas de aproximadamente 12 cm ó 13 cm hasta 50 cm, y el AGL tipo 3 va desde aproximadamente 15 cm hasta alrededor de 58 cm. En el cuadro 1 se tienen los requerimientos de carga de cada uno de los AGL Tipo, tanto en gasto mínimo como en gasto máximo, como es lógico el máximo requerimiento de carga es en gasto máximo.

Para la elección del AGL tipo hay que considerar que el AGL tipo de menor incertidumbre es el AGL tipo 3, pero que tiene los máximos requerimientos de carga y la variación en la escala de medición es mayor, y así va aumentando la incertidumbre para el AGL tipo 2 y

para el AGL tipo 1, pero van deduciéndose los requerimientos de carga y el rango de la escala de medición también disminuye. Considerando lo anterior el procedimiento de selección será escoger el AGL tipo con menos incertidumbre, el AGL tipo 3, y revisar que exista la carga tanto para gasto mínimo como para gasto máximo, además de revisar la variación de los niveles en para la salida de la Toma Granja, si este AGL tipo no pasará entonces habría que ver si el AGL tipo 2 pasa y sucesivamente el AGL tipo 1.

En caso de que el AGL tipo 1 no tenga la carga y/o rango de variación de cargas para funcionar entonces, si se considera que haya carga suficiente, se puede proceder a un diseño especial minimizando la carga necesaria, reduciendo la contracción lateral completamente, es decir solo la contracción de fondo. Si este diseño no funciona entonces lo mejor es no poner ninguna estructura y posiblemente buscar la instrumentación con medidores doppler o de tiempo de tránsito, o el uso de algún tipo de Molinete.

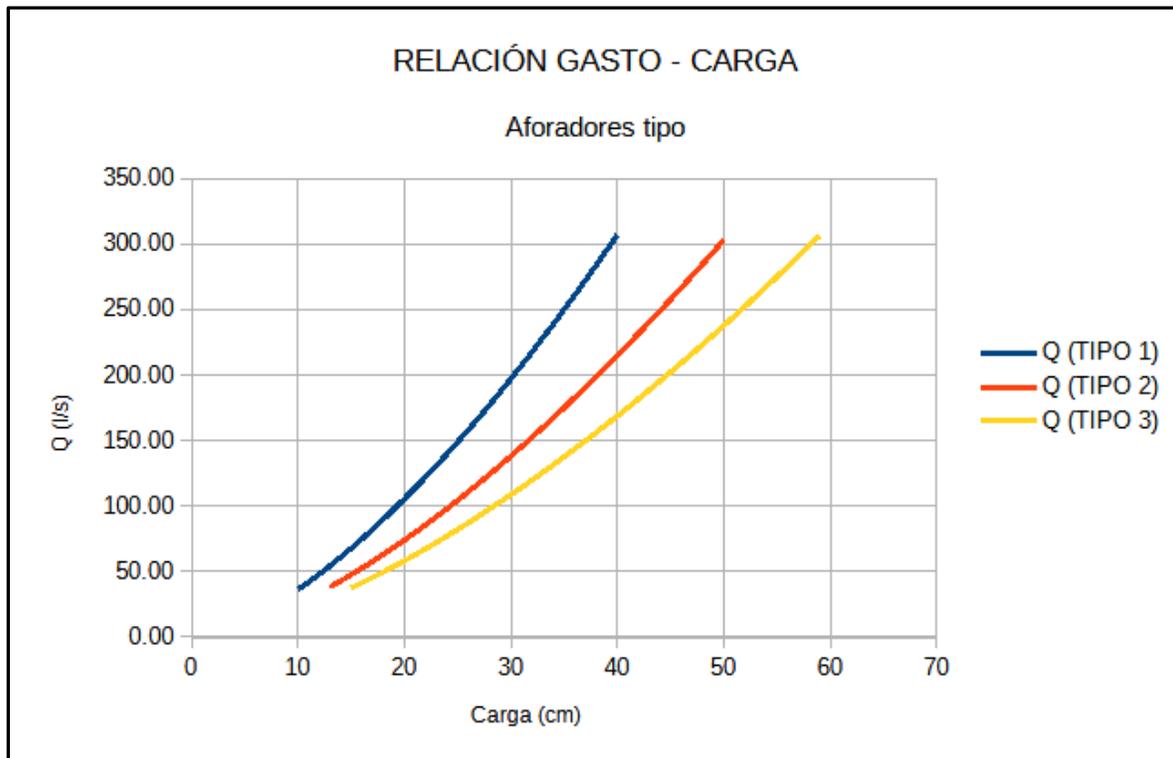


Figura 10. Relaciones Carga –Gasto de los AGL tipo propuestos.

De los tres AGL tipo propuestos puede verse que se tiene 3 rangos de gasto

Cuadro 1. Requerimientos de carga de los AGL Tipo.

AGL	ΔH Qmin	ΔH Qmax
AGL Tipo 1	15.174	22.121
AGL Tipo 2	16.941	25.789
AGL Tipo 3	16.347	27.370

Conclusiones

Se presentan tres AGL tipo para elegir dependiendo de las condiciones de carga y variación de niveles que se presenten a la salida de las Tomas Granja, el objetivo es facilitar el uso de este tipo de estructuras para mejorar o implementar la medición en los Distritos y Módulos de Riego. Este tipo de estructuras han demostrado su versatilidad por lo que son la mejor opción cuando se trata de una estructura funcional y económica.

Referencias Bibliográficas

Castillo González, Jorge, Montiel Gutiérrez, Mario, Mercado García, Fernando. (2016), AFORADOR DE GARGANTA LARGA PARA TOMA GRANJA, XXVII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, LIMA, PERÚ.

Clemmens, Wahl, Bos, and Replogle (2001), Water Measurement with Flumes and Weirs. Water Resource Publications, LLC.

Castillo González, Jorge A., Montiel Gutiérrez, Mario A., Ángeles Hernández, Juan Manuel, Guillen González, José Ángel, Herrera Ponce, Juan Carlos (2019), Manejo de la información hidrométrica en los módulos RIGRAT, Quinto Congreso Nacional COMERII 2019 Mazatlán, Sin., del 18 al 20 de septiembre, México.