



Sexto
Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



Artículo: COMEII-21043

Hermosillo, Son., del 9 al 11 de junio de 2021

ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN EN MÓDULOS DE RIEGO

Jorge A. Castillo González^{1*}; Juan Carlos Herrera Ponce²; Mario Montiel Gutiérrez³

¹Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P.62550, México.

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

²Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

³ Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

Resumen

En el contexto del manejo del agua de riego, los gastos y volúmenes son reportados por los canaleros a los Módulos y Unidades de Riego de diversas formas, algunas mediante el formato OP-5, en otros casos los formatos se han modificado aunque en esencia son los mismos, algunos pocos tienen sistemas informáticos que permiten un mejor manejo de la información, pero el problema principal en el manejo de la información hidrométrica es que en su gran mayoría no se mide sino se estima, en muchos casos ni siquiera se tiene la experiencia previa de haber realizado alguna medición en los sitios relacionados. En muchos casos la metodología que utilizada en la medición del agua es medir con molinete en los puntos de control (de entrega de agua a los módulos) uno o varios días a la semana, ya dentro de la red de cada módulo y en las Tomas Granja el gasto se estima. Lo anterior da como resultado que la información reportada sea poco confiable para análisis detallados del uso del agua y por lo tanto no se pueden detectar problemáticas de manejo y planear acciones de mejora, tampoco es posible la entrega volumétrica real si los volúmenes entregados no son determinados con un mínimo de precisión.

“Lo que no se mide no se puede mejorar” por los que aquí se analizan la implantación de estrategias de medición enfocadas a tener una cuantificación de gastos y volúmenes confiable y factible de implementarse en los módulos y unidades de riego.

Palabras claves: medición del agua, módulos de riego, estrategias de medición



Introducción

La población mundial sigue aumentando y con ello las necesidades hídricas tanto para la producción de alimentos como para consumo humano. Una forma de satisfacer el incremento en esta demanda es incrementar la eficiencia en el uso del agua de riego, es decir, se deben incrementar las eficiencias de conducción, de operación y de aplicación para utilizar el agua rescatada para incrementar la superficie sembrada, ya sea en segundos cultivos o añadiendo nueva superficie, todo esto en adición a las acciones para incrementar los rendimientos de los cultivos.

Con los datos que se tienen actualmente puede verse que es posible rescatar un importante volumen, que puede representar desde un 10% hasta un 30% o aún más dependiendo el caso analizado.

Para llevar una correcta operación de la infraestructura hidroagrícola, además para poder detectar las cantidades y puntos donde se pierde el agua se requiere poder conocer con suficiente precisión los volúmenes y gastos manejados durante el transporte del agua y la aplicación del riego, actualmente la medición en los Módulos de Riego, en las Sociedades de Responsabilidad Limitada (S.R.L.) que operan la red mayor y en las obras de cabeza que maneja la CONAGUA, se hace de forma poco confiable, básicamente, en su gran mayoría con la utilización de molinetes mecánicos una vez al día en los canales principales y secundarios y en los demás canales y tomas los canaleros generalmente solo estiman de acuerdo a su experiencia los gastos servidos.

Con el nivel de confiabilidad y precisión de esta información no es posible analizar y planear una estrategia de corrección y tampoco es posible evaluar los resultados obtenidos.

De acuerdo a lo anterior se requiere de un sistema de medición confiable que sustituya al actual, el cual debe estar basado en instrumentación adecuada a la situación de cada sistema de distribución del agua de riego, este sistema debe incluir la instalación de medidores y la capacitación de personal que los opera, incluso la contratación de nuevo personal capacitado en el manejo de estos instrumentos.

Materiales y Métodos

Alternativas de medición

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 flotadores.

Hay varias alternativas para realizar la medición dependiendo del nivel de precisión que se requiera y del costo que se está dispuesto a pagar, a considerar se tienen:



- Molinete tradicional
- Molinete automatizado
- Medidores magnéticos u ultrasónicos tipo “torpedo” que funcionan como molinetes rápidos y precisos.
- Perfiladores ultrasónicos (barquito).
- Sensores ultrasónicos fijos
- Compuertas y orificios equipados con sensores y telemetría.
- Estructuras aforadoras calibradas equipadas con escala.
- Estructuras aforadoras calibradas con sensores y telemetría.

Métodos de medición

Al elegir un método de medición hay que considerar varios factores como son: su costo, su precisión, su factibilidad de implementación y sus requerimientos de capacitación y contratación de personal calificado. En cuanto al costo los métodos más costosos normalmente son los más precisos como los estructuras que miden y controlan gasto y además tienen telemetría y se pueden programar de forma remota en cualquier momento, estas estructuras serían las más convenientes en cuanto a su precisión y su manejo ya que proporcionarían información de calidad, continua y prácticamente instantánea, sin embargo hay dos factores a considerar que las hacen poco aplicables que son su costo y su vulnerabilidad al vandalismo. Este tipo de estructuras pueden ser de muy útiles en los puntos de control más importantes, donde el módulo recibe el agua de la SRL o de CONAGUA, estos son los puntos donde es más importante llevar una contabilidad y control los más preciso posibles por lo que dependiendo de las posibilidades del módulo debe considerarse la instalación de este tipo de estructuras en los puntos de control más importantes.

El Molinete de copas o hélice con contador de pulsos o revoluciones (audífonos o foco), o con contador digital son los instrumentos más económicos, en especial los que no tiene el contador digital de revoluciones, este tipo de instrumentos son aplicables en casi todos los puntos que requieren medición en los módulos por lo que considerando su costo deberían ser un equipo indispensable en todos los módulos, ya sea como de uso diario o de uso ocasional cuando no exista otro factible en algún punto del módulo.

Los molinetes son el método de medición más conocido y usado en los Módulos y Distritos de Riego del país desde prácticamente los inicios de estos, aplicabilidad en la mayoría de los canales de riego, sin embargo, no son los más precisos y su aplicación se vuelve poco practica cuando se quiere monitorear corrientes muy fluctuantes debido a que la medición con estos requiere mucho tiempo.

Con el uso del Molinete automatizado, el cual difiere del anterior en que tiene un contador digital que transforma las revoluciones a velocidad del agua de forma inmediata de forma directa reduciendo el tiempo que se requiere para hacer una medición, sin embargo, aunque con esto la utilización del molinete requiere menos tiempo y por lo tanto es más aplicable, aun el tiempo que requiere para su aplicación sigue siendo sustantivo. Este molinete es un poco más costoso que el anterior pero menos costoso que las otras alternativas.

Los Molinetes magnéticos u ultrasónicos son medidores de flujo con tecnología ultrasónica o magnética para medir la velocidad del agua, es decir no tienen copas,



hélices o similares piezas móviles que sirvan para medir la velocidad del agua, las “copas” del molinete son sustituidas por sensores ultrasónicos o magnéticos sin piezas móviles que sufran desgaste y requieran calibración continua. Estos medidores tienen mayor precisión en los “puntos” donde miden por lo que son más precisos que los molinetes mecánicos, sin embargo, el procedimiento de utilización es prácticamente igual al de los molinetes mecánicos, es decir se mide el flujo por franjas (solo miden en algunos puntos) que al final se integran para tener el flujo total de la corriente o canal. Con estos medidores se incrementa la precisión y se reduce su tiempo para obtener el resultado, sin embargo, sigue siendo considerable su tiempo para medir un gasto y su costo es mucho mayor a los anteriores medidores.

Con los perfiladores ultrasónicos o “barquitos”, conocidos así porque los sensores se montan sobre una “tabla” de material ligero que flota en la superficie del agua, estos equipos se mueven de una orilla a la otra con una cuerda de forma manual, al moverse de un lado a otro los sensores ultrasónicos hacen un barrido en todo el perfil tanto en forma vertical como horizontal, midiendo la velocidad en una cantidad muy grande de puntos en toda la profundidad y anchura de la corriente, detectando también las fronteras (fondo) de la corriente, de esta manera se tiene un barrido completa de la sección transversal de la corriente con una gran cantidad de mediciones de alta precisión que se integran y calculan el flujo medio muy preciso. La medición es bastante rápida comparada con los molinetes, mientras una medición con molinete tradicional puede tardar de 20 minutos a media hora para alguien experimentado, con el perfilador se requieren menos de 5 minutos (con el instrumento armado) debido a que todos los cálculos necesarios son hechos por una computadora, la medición tarda lo que tarda el “barquito” en moverse de una orilla a la otra de la corriente. La mayor desventaja de este método es su costo que es bastante elevado comparado con los anteriores.

Otra alternativa son los sensores ultrasónicos fijos de los cuales hay varios tipos, su funcionamiento se basa en la utilización de sensores ultrasónicos puestos en algún punto del canal o corriente bajo en el nivel del agua y mide la velocidad ya sea en toda una franja o algunos puntos seleccionados además del tirante, y con esto considerando la geometría se calibra el gasto de todo el canal. Este tipo de medidores son útiles cuando se pretende hacer un monitoreo de los gastos a través del tiempo para tener una medición más precisa y una mejor idea de lo que pasa en los canales.

La alternativa más moderna actualmente son las compuertas y equipados con sensores y telemetría que son relativamente nuevas que además de medir controlan el flujo abriendo o cerrando la compuerta, resultan de gran utilidad y versatilidad para el manejo del agua y su monitoreo, su principal desventaja es su elevado costo.

Otra opción más accesible son el uso de estructuras aforadoras calibradas equipadas con escala, esta opción es utilizada desde hace muchos años, la cual consiste en la instalación de estructuras aforadoras calibradas, permanentes, que permiten realizar una medición instantánea con la colocación de una escala. Realmente su utilización es muy sencilla y permite hacer el número de mediciones que se quiera, simplemente visitando la estructura, la desventaja es que se requiere la construcción y calibración de estas estructuras, lo que implica costos de instalación, una vez instalados se puede simplificar la medición y el seguimiento de los riegos de manera significativa. Estas estructuras fueron usadas desde hace más de medio siglo, como ejemplo hay muchas estructuras que requieren rehabilitación que fueron construidas desde la construcción de los mismos Distritos de Riego en los años 60's, 70's y 80's, pero que cayeron en desuso y abandono

por ignorancia y por la falta de la práctica de la medición, al respecto por ejemplo en los módulos V-1, V-2, 74-1 y 74 prácticamente todas las Tomas Granjas estaban equipadas con estructuras tipo Guamúchil (Figura 1), actualmente un gran número de ellas pueden rehabilitarse.

Una opción de modernizar sin tener muy altos costos es con el uso de estructuras aforadoras calibradas equipadas con sensores y telemetría, estas estructuras, como las mencionadas anteriormente, a las que simplemente se les puede poner una escala, con la tecnología actual es posible instalar sensores de nivel automatizando la medición, posibilitando tomar lecturas muy frecuentemente para conocer las variaciones de gasto casi de forma continua, además si se instala telemetría, esta información puede estar en la oficina del módulo casi instantáneamente.



Figura 1. Estructura tipo Guamúchil.

Organización de la medición

Además de la infraestructura de medición (equipos y estructuras) la organización del manejo de la información hidrométrica, la forma de levantar, procesar y reportar los datos hidrométricos, es lo que dicta cuales son los métodos más adecuados a aplicar.

Antes de la transferencia de los Distritos de Riego, estos tenían un departamento de hidrometría con una brigada especializada. Los registros se llevaban en formatos en papel que se procesaban manualmente y que requerían mucha mano de obra, el formato donde inicialmente se registraban los riegos era el formato de operación número 5 ó OP5, en este el canalero registraba de forma diaria los gastos de cada riego, con la que se calculaban los volúmenes aplicados en cada riego. Con la aplicación de estos formatos se llevaba un seguimiento del plan de riegos y se tenía una contabilidad más o menos actualizada de los volúmenes aplicados y las expectativas de volúmenes por aplicar hasta el final del ciclo, estos procedimientos, como se dijo, requerían de mucha mano de obra para su procesamiento aparte del personal propio de operación, las mediciones se hacían prácticamente en su totalidad con molinetes tradicionales y una pequeña parte de la medición se hacía con estructuras aforadoras, secciones y compuertas calibradas. El



tiempo requerido para la aplicación del molinete también provoco que se hicieran muchas “estimaciones” a la hora de realizar las mediciones.

Actualmente en la mayoría de los Módulos de Riego se reproduce parcialmente lo que se hacía en los Distritos de Riego llevando el formato OP5 o alguno derivado de este y la información se captura en computadora para ser procesada, en otros módulos han evolucionado a sistemas computarizados que aprovechan los avances actuales para llevar toda esta información, en los menos, no se lleva ninguna contabilidad a nivel de parcela solo a nivel de la red de canales.

Como puede verse primero se debe definir cómo será el procedimiento de medición y su estructura en el módulo de lo cual dependerá los requerimientos de instrumentación.

Si los datos de medición son poco relevantes, que se da en la abundancia del recurso, lo razonable es invertir lo menos posible, si al contrario el recurso hídrico es indispensable para generar cosechas, entonces la medición debe ser lo más precisa posible. El caso de la mayoría de los Distritos de Riego es el segundo, el agua para riego es limitada y la lluvia no aporta una parte significativa, sin embargo, esto no ha sido completamente asimilado en los Distritos y Módulos de Riego.

Análisis de alternativas

Teniendo en cuenta las posibles alternativas vistas se tiene que considerar los requerimientos de precisión dependiendo del nivel del punto de medición a considerar, los puntos más importantes son donde se requiere información más precisa con mayor frecuencia en el tiempo, aquí es donde es recomendable tener un buen sistema de medición con telemetría para tener el dato del gasto a tiempo para tomar decisiones “en tiempo real”, y si es posible también controlar de forma remota. Los puntos más importantes son los puntos de control, estos son básicamente los puntos donde el módulo recibe el agua y con menor importancia los puntos de control internos en donde por ejemplo se cambia de sección, en segundo lugar, donde es importante medir para tener una contabilidad del agua utilizada en los riegos es el agua servida en la parcela, lo ideal sería colocar medidores en cada parcela, pero el costo sería muy alto por número de parcelas existentes por módulo, sin embargo si se es más factible y natural colocar medidores en cada toma granja, los medidores aquí deben ser de mucho menor costo debido al número de estas.

El costo de la instrumentación es manejable si planea y distribuye en el tiempo, como parte de la instrumentación debe considerarse la capacitación de los canaleros y de todo el personal de hidrometría, el encargado del manejo de la información debe poder organizar la información computarizada además de conocer de la operación en la distribución del agua.

Por experiencia se ha visto que en los Módulos y en los Distritos de Riego se requiere de tener un procedimiento reglamentado y documentado para la medición que permita tener la información hidrométrica ordenada y disponible (*en tiempo real*) en tiempo para poder tomar decisiones durante la operación, considerando el estado actual del desarrollo tecnológico lo más recomendable es que el procedimiento de medición y manejo de información esté ligado a un software informático.

Un ejemplo de esto es la metodología usada por la SRH y posteriormente por la SARH antes de la transferencia de los Distritos de Riego, para el registro y manejo se tenía todo



un procedimiento con manuales y formatos, para el registro de los riegos se usaba el formato OP-5, que era el quinto formato de operación, todavía se le conoce así en muchos Módulos y Distritos de Riego, aunque los otros formatos casi han desaparecido. Había otros formatos donde se registraban las siembras y las cosechas, el formato OP-5 era llenado y entregado de forma diaria en las oficinas donde se procesaban para calcular los avances del Plan de Riego, el proceso del vaciado y procesado de la información de los riegos se hacía a mano, y a menudo requería de un grupo numeroso en los Distritos de Riego Grandes, esta información se concentraba primero a nivel decenal, luego mensual y al final por ciclo, de tal manera, que el Jefe de Distrito disponía información actualizada de los avances en el consumo de los volúmenes y de los volúmenes disponibles de tal manera que se podían hacer correcciones a tiempo.

Este procedimiento puede sistematizarse actualmente mediante el uso de la tecnología actual, la captura del formato OP-5 o su equivalente, donde se capturan los riegos y avances de ellos a nivel diario, puede hacerse con diversos instrumentos como Laptops, tabletas o incluso con un Smartphone que sustituya el formato en papel, el cual puede llevarse como respaldo por si algo falla. La ventaja de hacerlo así es que la información capturada puede bajarse a un "sistema concentrador" sin recapturar la información disminuyendo de forma significativa a posibilidad de error, pasar la información del instrumento de captura puede ser cada cierto número de días, a nivel diario o incluso en tiempo real conectando este aparato ya sea físicamente, inalámbricamente o mediante internet al servidor que concentra la información donde será procesada. El procesamiento de la información en las oficinas de los módulos o de los distritos debe ser mediante procedimientos establecidos y documentados con metodologías y objetivos claros donde la información resultante se tenga en tiempo en forma para la toma de decisiones, el procesamiento debe hacerse de preferencia con algún sistema informático para que sea confiable.

Conclusiones

Para mejorar la operación de la red canales de los módulos e incrementar las eficiencias de operación, conducción y aplicación lo primero que se requiere una medición confiable e instrumentada. Esto puede hacerse mediante diversos tipos de instrumentos de medición como son los molinetes y perfiladores ultrasónicos que se complementan unos con otros, pero principalmente con estructuras de medición en los puntos de control del módulo y en las Tomas Granjas. El nivel de la instrumentación está en función de los requerimientos y del presupuesto disponible, pero en general las estructuras con telemetría, medición y control se deben instalar en los puntos de control más importantes que son los puntos donde se recibe el agua de la SRL o de la CONAGUA en segundo lugar los puntos de control internos del módulo y en tercer lugar las Tomas Granja del módulo, estas últimas por su número pueden instrumentarse de manera sencilla y económica con la colocación de estructuras calibradas como las tipo Guamúchil, Parshall, Venturi, Aforadores de Garganta Larga (Figura 2) entre otras que se equipan con una escala que puede ser usada como la referencia de la medición, la ventaja de la utilización de este tipo de estructuras es que en un futuro es posible instalarles un sensor de nivel automatizando su medición haciéndola de medición continua e instalando telemetría para

concentrar rápidamente la información en las oficinas del módulo para su procesamiento y toma de decisiones “en tiempo real”.

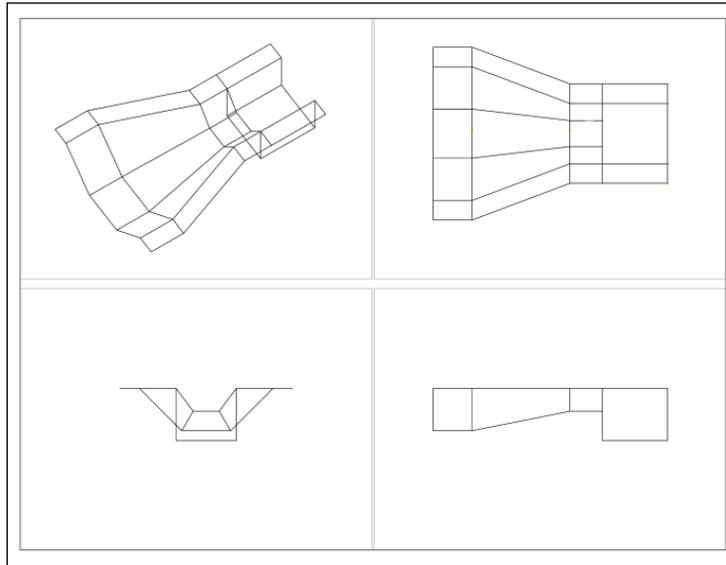


Figura 2. Geometría de un Aforador de Garganta Larga

Como se mencionó la instrumentación y mejora de la medición es de costos manejable si se hace de manera calculada y planeada. La instrumentación de la medición debe ser un paso previo a la instauración de la dotación volumétrica o cobro volumétrico que es el paso más efectivo para mejorar las eficiencias de aplicación del agua en la parcela por parte del usuario y de las eficiencias de conducción por parte de los módulos de riego. La presión demográfica tiene efectos sobre el uso del agua en la agricultura y cada vez será mayor por lo que cada vez hay más presión para tener estadísticas basadas en estimaciones a tener estadísticas y datos para la operación basados en la medición.

Referencias Bibliográficas

- Castillo González Jorge, Montiel Gutiérrez Mario, Olvera Salgado María Dolores. “PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN EN MÓDULOS DE RIEGO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y LA OPERACIÓN”, XXV CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA, NOVIEMBRE 2018.
- Edmundo Pedroza González y Gustavo A. Hinojosa Cuéllar (2014). Manejo y distribución del agua en distritos de riego. Breve introducción didáctica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Edmundo Pedroza González (2017), El molinete, importancia, fundamentos y buenas prácticas, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Arturo Kennedy Pérez, Fernando Fragoza Díaz, Efrén Peña Peña, J. Eduardo Moreno Bañuelos (1992), Manual de aforos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Herrera Ponce, Juan Carlos, Peña Peña, Efrén (1999), Instructivo para aforo con molinete, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.



Montiel G. Mario A., Castillo G. Jorge A., Flores V. Jorge, Herrera P. Juan C., Pacheco H. Pedro, Ojeda B. Waldo (2017), Resultados de los distritos y módulos de riego con superficie RIGRAT durante el año agrícola 2015-2016, XVIII Congreso Nacional de Irrigación y la 4a Conferencia Internacional "Retos en tierra y agua". Texcoco Estado de México.

Montiel G. Mario A., Mercado G. Fernando, Araujo B. Alfredo (2017), Riego por gravedad tecnificado RIGRAT, propuesta metodológica practica para consolidar la implantación del programa, XVIII Congreso Nacional de Irrigación y la 4a Conferencia Internacional "Retos en tierra y agua". Texcoco Estado de México.

Mario A. Montiel G., Jorge A. Castillo G., Jorge Flores V., Dolores Olvera S., Waldo Ojeda B. Informe Final del Proyecto RD 1625.3, "Desarrollar los trabajos de coordinación, seguimiento y evaluación de la componente riego por gravedad tecnificado en una superficie de 18,000 hectáreas en los Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya, 074 Mocorito, 108 Elota Piaxtla y 109 san Lorenzo, estado de Sinaloa", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.