

INVESTIGACION EN BANCO DE ENSAYO DE COMPONENTES DE INSTALACIONES DE RIEGO PRESURIZADO

Paz, Maria E.; Z. E. Menna; O. R. Chicala; J. E. Millón; M. L. Paz
Instituto de Investigaciones Hidráulicas – Universidad Nacional de San Juan, Urquiza 91
norte, San Juan, Argentina mpaz@unsj.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto mostrar el banco de ensayo de emisores de riego presurizado y los primeros resultados experimentales obtenidos, por el Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Nacional de San Juan en la República, en la ejecución de un proyecto de investigación tecnológica, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET).

El objetivo del proyecto es incorporar conocimientos sobre los elementos que integran un sistema de riego presurizado, iniciando con el banco de ensayo de emisores y con el fin último de desarrollar tecnología, tendiendo a una gestión del recurso más sustentable y sostenible.

Se realiza una descripción del banco de ensayo de emisores construido para realizar pruebas de uniformidad de caudal y obtención de la curva caudal – presión de las tuberías emisoras y goteros, bajo normas internacionales.

Palabras Clave: riego localizado, goteros, banco de ensayo

INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Juan en la República Argentina se encuentra en la denominada región árida del país, con una precipitación pluvial media inferior a los 100 mm por año. Esta aridez se ve sin embargo contrarrestada por el efecto de los deshielos de la nieve acumulada en la cordillera de Los Andes, fenómeno periódico responsable de la presencia de un oasis, ecosistemas en los que el hombre es dominante.

La provincia tiene una superficie total de 9.648.900 hectáreas de las cuales 1.500.000 (algo más del 15%) resultan aptas para el cultivo. De estas hectáreas se explotan en la actualidad algo menos de la cuarta parte y dicha explotación se basa fundamentalmente en el cultivo la vid, y, en un segundo plano, en el cultivo de olivo, frutas, hortalizas y pasturas para la actividad ganadera, realizando el riego en su mayoría por gravedad.

La posibilidad de mantener y aumentar esta explotación agrícola está determinada fundamentalmente por el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles, determinados fundamentalmente por los cursos de agua superficial y la explotación del agua subterránea.

La provincia tiene dos ríos principales, el San Juan y el Jachal, que permiten el desarrollo de dos zonas cultivables siendo la del Valle de Tulum (regada por el río San Juan) la principal (Figura 1). En este valle se riegan del orden de 120.000ha (Departamento de Hidráulica S.J., 2004) y dentro de estas unas 30.000 ha tienen implementados riegos presurizados, siendo el 90% de ellos riegos localizados (goteo).

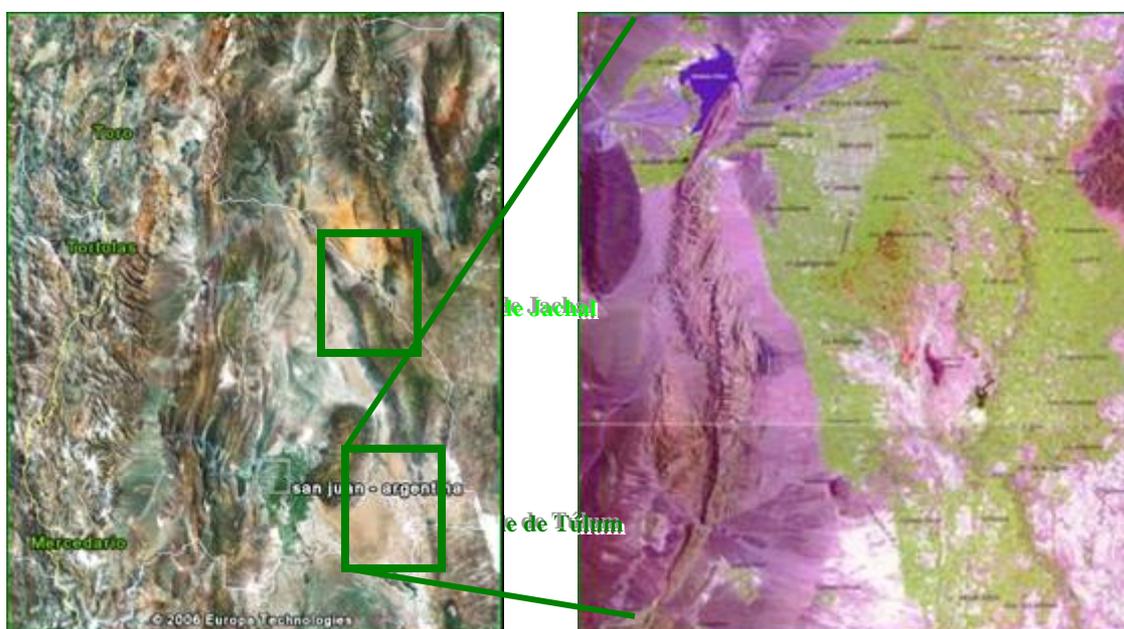


Figura 1.- Provincia de San Juan – Valles de Tulum y Jachal

Si bien a principios de la década del 70 se comenzaron a implementar los primeros sistemas de riego por goteo, estos eran de caudal variable y funcionaban a baja presión con bajos coeficientes de uniformidad. En la década del 90 las políticas de desgravación impositiva y posteriormente de diferimiento de pago del impuesto al valor agregado,

coadyuvaron para implantar una superficie cercana a las 30.000ha. La situación de expansión del riego presurizado por goteo es similar en las provincias del centro-oeste Argentino como Mendoza y La Rioja.

También estamos viendo que las zonas de agricultura de secano (cultivos extensivos), un desarrollo importante de la implementación de riegos suplementarios con aplicación de sistemas presurizados, y dentro de esta tecnología el crecimiento incipiente de la aplicación del riego localizado, sustentado por sus ventajas comparativas como son :

- Posibilidad de trabajar con menor menor presión, haciendo más eficiente el uso del agua disponible.
- Fertilizar y regar simultáneamente haciendo menores los costos iniciales y operativos.

La reactivación de los mercados y la posibilidad cierta de una comercialización ventajosa debido al Mercosur y a la promoción de las exportaciones agropecuarias a otros bloques comerciales, han determinado verdaderos polos de desarrollo tecnológico donde los complejos paquetes de manejo del cultivo incluyen como principal herramienta al riego presurizado.

Este proceso de cambio tecnológico que ha experimentando el país en esta materia se basó inicialmente en insumos y conocimientos principalmente provenientes del exterior y por ende generó escasas oportunidades de utilizar los recursos humanos del país. Actualmente la gran implantación de sistemas presurizados ha motivado que las licencias internacionales instalen sus fabricas en la región.

Surge por ello la necesidad de contar con un laboratorio dedicado al estudio y experimentación de sistemas de riego presurizado, que es un aporte de gran valor para los agricultores de la región, debido a que no existe un lugar donde determinar las mejores condiciones de instalación y funcionamiento de los diversos sistemas de riego para poder obtener los mayores rendimientos en su producción y aumentar la cantidad de tierra capaz de ser aprovechada para cultivo.

El Instituto de Investigaciones Hidráulicas IDIH posee una experiencia de más de 50 años en la actividad de investigación, asesoramiento y asistencia técnica cubriendo todos los aspectos relativos al conocimiento y al manejo racional de los recursos hídricos, y ha decidido encarar un proyecto de investigación en el área de los sistemas de riego presurizados.

El proyecto implica una originalidad y relevancia de sus objetivos científicos, con una vinculación a los sectores de interés socio económicos de la región y la incorporación de las nuevas tecnologías en el sector productivo.

OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es incorporar conocimientos sobre los elementos que integran un sistema de riego presurizado, iniciando con el banco de ensayo de emisores y con el fin último de desarrollar tecnología, haciendolo más accesible a los pequeños productores, tendiendo a una gestión del recurso más sustentable y sostenible.

De este objetivo principal se desprenden otros como son:

- Desarrollo de las potencialidades máximas, de las herramientas tecnológicas acordes con nuestros requerimientos regionales, permitiendo implementar con eficacia las modernas técnicas.
- Formación de recursos humanos: El banco desarrollado pretende ser también un banco didáctico para ser utilizado por las Cátedras de riego de las carreras de Ingeniería Civil y Agronómica y los Cursos de Especialización y Maestrías de la Facultad de Ingeniería, de la cual depende el IDIH y donde los investigadores desarrollan sus actividades de docencia de grado y postgrado.
- Capacitación: respondiendo de forma científica a los profesionales involucrados al sector, quienes presentan una serie de interrogantes al tomar decisiones en cuanto a la elección y uso de las herramientas tecnológicas de aplicación en los sistemas de riego presurizados.
- Difusión de los resultados, al objeto de conseguir un efecto multiplicador máximo.

Se espera a través del presente Proyecto, enmarcado en el estudio metodológico y en la sistematización de la experimentación hidráulica, la optimización de los sistemas de riego y de sus partes constitutivas. Los estudios se apoyarán en la metodología de ensayos sistemáticos bajo normas internacionales, aplicada a las variables físicas para seleccionar las operaciones óptimas y la adecuada utilización de piezas, bajo el efecto de funcionamiento en las condiciones de operación de campo.

ESTUDIO EXPERIMENTAL - EMISORES DE RIEGO

Como ya dijéramos las ventajas del riego por goteo de un control preciso del agua aplicar y la posibilidad de la fertiirrigación, se sustentan en la uniformidad de distribución de caudal. Esta falta de uniformidad puede ocasionar además de desperdiciar un recurso escaso como el agua, un gasto innecesario de fertilizantes en el caso que la aportación sea superior a la requerida y una merma en la producción de las plantas alimentadas por goteros deficitarios.

El comportamiento diferencial de los goteros afecta la uniformidad de aplicación de agua y fertilizante. Los comportamientos diferenciales se deben a las diferencias de presión en el sistema como a variaciones propias de los goteros entre si. Estas ultimas pueden ser de fabricación o de cambios durante su uso y son difícilmente evitables, pero un mejor conocimiento de las misas permite, mejorar el proyecto y operación de sistemas de riego haciendo más eficiente la aplicación de los recursos agua y fertilizante.

Los emisores son dispositivos diseñados para distribuir el agua sobre el suelo descargándola gota a gota o con un flujo continuo, en la proximidad de la zona radicular del cultivo. Luego son los goteros los elementos claves de los sistemas de riego localizado.

En nuestro banco se pueden ensayar todas las variedades de goteros, sean estos insertos en la tubería (in line) o pinchados como botón (on line), tanto autocompensados como no, incluso se pueden ensayar las cintas perforadas. La Figura 2 muestra algunas variedades de emisores por goteo.

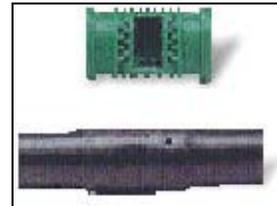
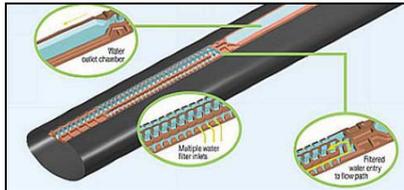
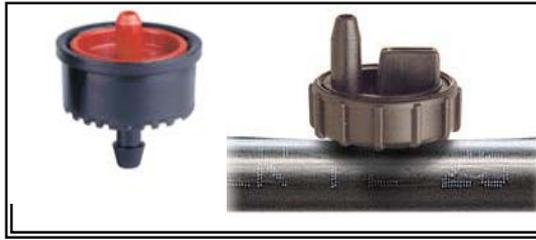


Figura 2.- Variedades de goteros – Laberinto, Vortex (boton), Cintas

Las principales características que definen un emisor son (Losada, 1997):

- **Caudal nominal**, que es el que suministra el gotero a la presión nominal. Suele estar comprendido entre 2 y 4 l/h, aunque puede llegar hasta valores de 16 l/h.
- **Presión nominal (Pn)**, que es la presión para la que se ha diseñado el emisor y que suele ser de 10 m.c.a. (metros de columna de agua).
- **Régimen hidráulico**, siendo el más conveniente el turbulento, ya que el laminar hace a los emisores más sensibles a las variaciones de presión y de viscosidad y temperatura del agua.
- **Ecuación característica del emisor [1]**, que se obtiene en el banco de prueba y es imprescindible para el diseño de la instalación. Viene dada por la siguiente expresión:

$$q = K \cdot h^x \quad [1]$$

donde:

q = caudal del emisor (l/h).

K = coeficiente de descarga, que es dimensional.

h = presión a la entrada del emisor (m.c.a.).

x = exponente de descarga (adimensional), que indica la sensibilidad de los emisores a la variación de presión, de forma que cuanto más se aproxime a la unidad, el régimen hidráulico más se acerca al laminar y para x=0,5, el régimen es turbulento.

- **Coefficiente de variación de fabricación (CV) [2]**, que es una medida de la dispersión de caudales respecto de la media, ya que, por razones constructivas, es difícil conseguir que todos los goteros de un mismo modelo den el mismo caudal a la misma presión. Se define mediante la siguiente expresión:

$$CV = s/q_m \quad [2]$$

donde:

s = desviación típica respecto a la media de los caudales ensayados.

q_m = caudal medio.

Cuanto más alto es el CV, menos uniformes son los emisores.

- **Diámetro mínimo**, que es la dimensión del paso más estrecho que se encuentra el agua e su recorrido dentro del emisor. Cuanto menor sea el diámetro, mayor será la sensibilidad a las obturaciones, deforma que surge la clasificación que se muestra en la Tabla 1,:

Tabla 1.- Diámetros mínimos

Diámetro mínimo (mm)	Sensibilidad de la obturación
< 0,7	Alta
0,7-1,5	Media
> 1,5	Baja

La metodología a seguir en el estudio de las características y funcionamiento de los emisores se corresponde con las definidas por las siguientes normas:

- **Normas UNE 68-075-86.** Material de riego. Emisores.
- **Normas UNE 68-076-89** Material de riego. Sistemas de tuberías emisoras.
- **Normas ISO 9261 Irrigation equipment. Emitters and emitting pipe. Specification and test methods.**
- **- Normas ISO/DIS 9261 Irrigation equipment. Emitters and emitting pipe. Specification and test methods.**

Los ensayos que se pueden realizar en el banco son (entre otros):

- **Uniformidad de caudal (obtención del coeficiente de variación de fabricación).**
- **Obtención de la curva caudal-presión del emisor.**

La imposibilidad de determinar analíticamente Los parámetros de funcionamiento de goteros ramales determinados obliga a la experimentación. Particularmente, las diferencias entre lotes de goteros y las variaciones de fabricación dentro de cada lote, como los cambios de funcionamiento con el uso de un mismo gotero hacen que los resultados de los ensayos sobre un mismo modelo puesto en el mercado sean muy variados. La Figura 3 muestra resultados obtenidos en ensayos de goteros autocompensados fabricados en la provincia de San Juan y otros distribuidos por el mercado local, ambos ensayados en el banco.

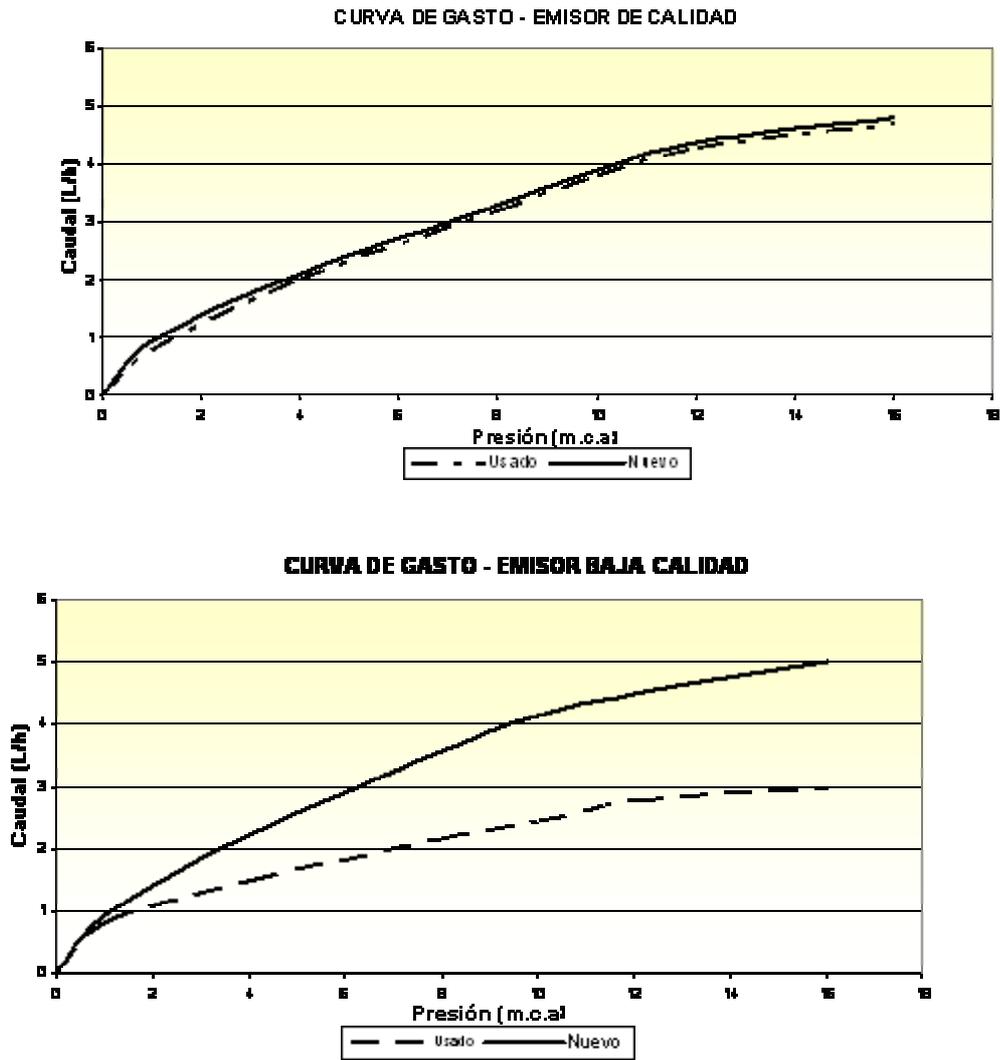


Figura 3.- Variación de la Curva de gasto con el tiempo para goteros de diferente calidad de fabricación.

DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYO DE EMISORES Y TUBERÍAS EMISORAS

En la Figura 4 se muestra un esquema del banco de ensayo de emisores y en la Figura 5 un esquema en planta y corte del mismo. La Figura 6 muestra una fotografía del banco construido en el IDIH.

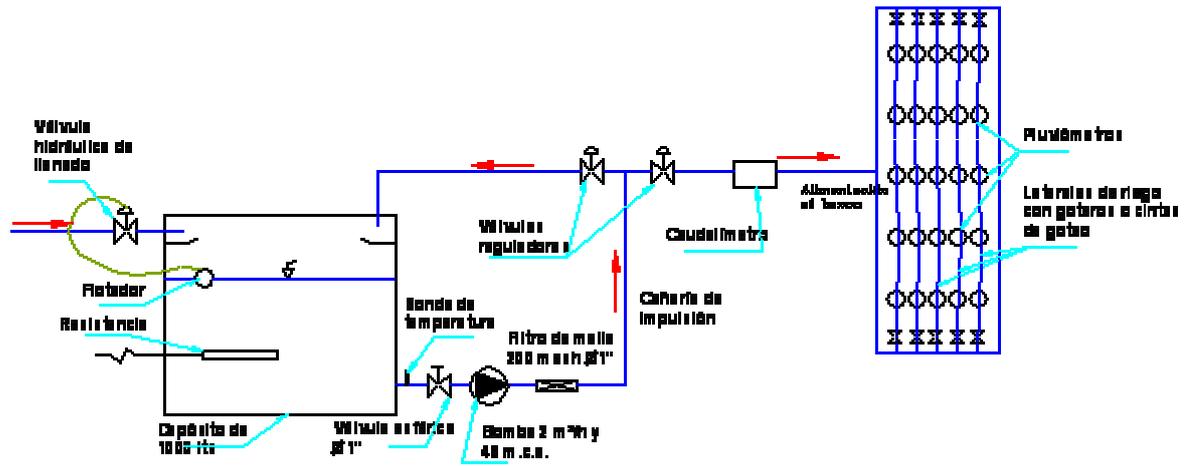


Figura 4.- Esquema banco de ensayos

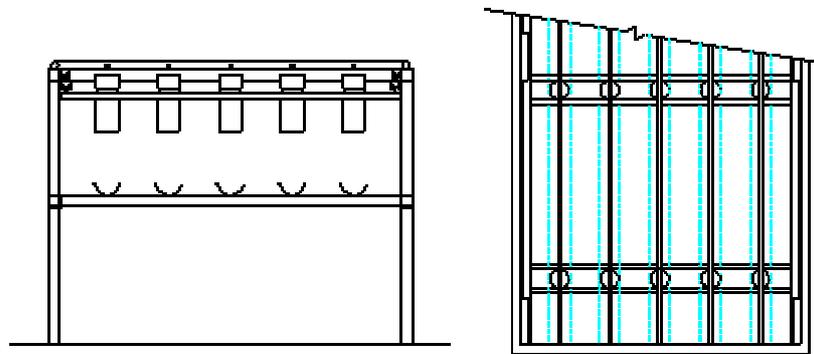


Figura 5.- Planta y corte del banco de ensayo de emisores de riego presurizado



Figura 6.- Fotografía del banco de ensayo

Se describen a continuación las partes constituyentes del banco de ensayo y las Figuras 8 y 9 muestran fotografías de las mismas:



Figura 8.- Fotografía del tanque de alimentación y bombas de presurización del sistema



Figura 9.- Fotografía de los sistemas de automatización regulación y control, y pluviómetros

Provisión de agua y almacenamiento: El laboratorio de Hidráulica cuenta con una conexión a la red de agua potable, a través de la cual se llena una reserva de 360 m³ en el subsuelo, la cual forma parte del circuito cerrado (bombas, tanque de nivel constante, cañerías de distribución y cañerías de retorno), que permiten ensayar modelos físicos de grandes obras hidráulicas (descargador de fondo, aliviaderos, válvulas, entre otras). Esta reserva no permite contar con la calidad necesaria, ni poder acondicionar la temperatura para el ensayo de emisores de riego, es por ello que se ha preferido tener un depósito independiente de 800 litros. El mismo cuenta con una resistencia eléctrica y una sonda que permite medir la temperatura del ensayo y comanda el funcionamiento de la resistencia.

Sistema de presión: El caudal máximo que se ha establecido para el banco de ensayos es de 2 m³/h y la presión máxima de ensayo es 1,2 veces la presión máxima recomendada por el fabricante, que según la revisión de varios catálogos comerciales, no superan los 40 mca, lo que implicaría una presión máxima de ensayo de 48 mca.

Se instala una bomba multirodete marca Pedrollo de 1.5.Hp, con variador de velocidad para poder hacer trabajar el sistema en un punto diferente al de la curva característica (H,Q) de la bomba.

Automatización, regulación y control: A continuación de la bomba se instalan dos electroválvulas de Ø1" con regulador, una en la cañería de impulsión y otra en una derivación que constituye el sistema de retorno al depósito. De esta forma el accionamiento de las válvulas permite fijar las condiciones de cada ensayo. Se coloca además un manómetro digital de 0 a 10 bar que registra la presión en el sistema y comanda el accionamiento de las electroválvulas, y un caudalímetro que permite registrar el caudal de agua que ingresa al banco. A pesar de ser el agua de excelente calidad, se instala un filtro de malla de 150 mesh, según establecer la normativa. Todos los dispositivos eléctricos trabajan con una corriente de 4-20 mA.

Sistema de adquisición y registro de datos: El sistema de adquisición de datos permite registrar las señales de caudal, presión, temperatura, y grado de apertura de las válvulas reguladoras. Además controla el funcionamiento de la bomba, de la resistencia eléctrica y de las válvulas reguladoras. Permite además comunicarse con un ordenador del centro de control y descargar los datos recogidos durante el ensayo.

Pluviómetros: Existen varias formas de realizar la medición del volumen de agua entregado por cada emisor. Esto puede ser realizado midiendo el volumen con un recipiente calibrado, por ejemplo por medio de una probeta graduada con la precisión requerida por las normas. Otra forma puede ser midiendo volumen mediante pesada, ya sea en forma directa y automática, como es el caso de utilizar una celda de carga colocada bajo el recipiente que recolecta el agua, o pesando el recipiente tarado en una balanza de precisión.

En un principio se ha decidido construir el banco de ensayo de tal forma que el sistema de aforo del volumen de agua que entrega cada emisor se registre por medio de pesada, pero no en forma directa y automática. El sistema de medida del volumen será por pesada en una balanza con una precisión mínima de ± 1 g. Para obtener una precisión del 0,5 % con una balanza con ± 1 g de error, se necesita un volumen mínimo a recoger. El caso más extremo será con emisores de bajo caudal, es decir, para el caso de un emisor de 1 l/h.

Los colectores se han diseñado para ajustarse a la precisión exigida por la normativa citada al principio de este documento. La precisión exigida en la normativa va desde el 2 % que exige la ISO 9261 al 1 % en la medida del caudal de la norma UNE 68-075-86. La norma ISO/DIS 9261 exige el 0,5 % del valor del caudal nominal. Se tomará el valor de 0,5 % en la precisión ya que es la más restrictiva y para estar del lado de la seguridad ante la futura entrada en vigor de la revisión de ISO/DIS 9261. Se utilizará un colector cilíndrico de aluminio, con una capacidad máxima de 1 ½ litros suficiente para recoger el agua de los emisores.

Los volúmenes mínimos y tiempos de ensayo mínimos para asegurar la precisión del 0,5 % se reflejan en Tabla 2:

Tabla 2 .- Volúmenes y tiempos de ensayo

Caudal gotero	Volumen mínimo ensayo	Tiempo mínimo ensayo
[l/h]	[cc]	[min]
1	200	12
2	200	6
4	200	3

En la normativa no aparece ningún tiempo de ensayo, solamente hace referencia a la precisión. En cualquier caso para asegurar la precisión necesaria, según la distinta normativa, los tiempos pueden ser menores que los de la tabla anterior, y con el margen que permite el tamaño del colector, podemos irnos a tiempos de ensayo mayores si así lo deseamos.

Sistema de cañerías y emisores: Toda la normativa relacionada toma como número de muestras para los ensayos la cantidad mínima de 25 emisores o unidades de emisión. La posición de los pluviómetros debe ser ajustable a la distancia de los emisores, ya que la distancia entre goteros a ensayar puede estar entre 300 mm a 1000 mm.

Las dimensiones del banco de ensayo son 1.6m de ancho y 4.8m de largo y 1.20m de altura, y es un bastidor construido con caños estructurales metálicos. Permite ensayar 5 goteros en cada línea cuando los goteros estén espaciados a 1 metro, con un total de 25 emisores (5x5), con lo cual se cumple el mínimo exigido por la normativa para realizar el ensayo de Coeficiente de Variación. Se ensayan 5 líneas de tubería emisora alimentados por ambos lados, a la presión establecida, por una tubería de diámetro lo suficientemente grande para no provocar pérdidas de carga significativas, cañería PVC Ø1”.

CONSIDERACIONES FINALES Y AGRADECIMIENTOS

El acceder a la línea de crédito del CONICET (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) nos ha permitido adecuar la infraestructura que aloja el banco de ensayo, construirlo y equiparlo con todo lo necesario para encuadrarse dentro de las normas internacionales de ensayo de emisores de riego.

El Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Nacional de San Juan esta en proceso de Acreditación de la Norma ISO 17.025 “Sistema de Calidad en Laboratorios de Ensayo y de Calibración”, a través del Proyecto FONTAR CAI 90 a través de un crédito de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica para tres practicas del Laboratorio:

- Calibración de molinetes hidrométricos
- Calibración de medidores de caudal
- Calibración de medidores de presión

Teniendo en cuenta que el diseño del banco y el procedimiento de ensayo de los emisores de riego se ajusta a la norma Normas ISO 9261, se podrá en un corto plazo, sumar certificar el BANCO DE ENSAYO DE EMISORES DE RIEGO a las prácticas

acreditadas bajo la NORMA ISO 17.025. Esto permitirá brindar el servicio de certificación de calidad a las empresas fabricantes o distribuidoras de elementos de riego presurizado.

Se espera poder mostrar a la comunidad científica, en un futuro cercano y nuevas reuniones técnicas, los avances en el desarrollo tecnológico alcanzado a partir del conocimiento que se adquiriera ensayando lo actualmente en el mercado.

RECONOCIMIENTOS:

Se quiere agradecer al Ing. LUIS CAÑADA LÓPEZ del Laboratorio de ensayo de materiales y equipos de riego y drenaje perteneciente al Centro Nacional de Tecnología de Regadíos en España; y al Ing. EDWARD NORUM del Centro Tecnológico de Investigación de Zimbawe, los cuales en forma desinteresada compartieron con nosotros el diseño de sus bancos de ensayo, lo cual implica un avance importante en el proyecto que encaramos y poder contar con la experiencia de profesionales a nivel internacional.

BIBLIOGRAFIA

Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan (2004), “*Boletín anual 2003-2004*”, San Juan, Argentina.

Losada, A. (1997), “*Glosario sobre sistemas de riego*”. Ingeniería del agua. Vol.4 – N° 4 – diciembre 1997

UNE-EN 13635 (2002) “**Técnicas de riego, sistemas de riego localizado, terminología y datos suministrados por el fabricante**”, EANOR, Madrid, España..

ISO 9260 (1991) “*Irrigation equipment. Emitters. Specification and test methods*”

ISO 9261 (1991) “*Irrigation equipment. Emitters and emitting pipe. Specification and test methods*”

UNE 68-075-86. (1986) “*Material de riego. Emisores. Requisitos generales y métodos de ensayo*”, EANOR, Madrid, España..

UNE 68-076-89 (1989) “*Material de riego. Sistemas de tuberías emisoras. Características generales y métodos de ensayo*”, EANOR, Madrid, España.