

# Propuesta de diseño de bancos de prueba para la evaluación hidráulica de elementos de riego

## Proposal for the design of test benches for the hydraulic evaluation of irrigation elements



<https://cu-id.com/2284/v14n3e10>

Marielkis Rodríguez-Laffita\*, Julián Herrera-Puebla, Reinaldo Cun-González, Yoima Chaterlán-Durruthy, Zenén Placeres-Miranda

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN:** El programa de desarrollo de la agricultura tiene asociada una inversión importante en tecnologías de riego que en ocasiones se desconocen los parámetros técnicos de funcionamiento de piezas y accesorios por lo que necesitan ser evaluados, es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo diseñar bajo criterios hidráulicos y fundamentados en normas ISO, bancos de pruebas para la evaluación de componentes de riego, en particular, aspersión y localizado. En la propuesta de diseño se utilizaron las normas ISO 9001:2015 que proporcionan directrices para el control de la calidad y la calibración de los equipos de medición, la ISO/IEC 17025 que brinda los lineamientos para la competencia técnica de los laboratorios y establece requisitos para la planificación y el diseño de los experimentos. Estas normas fueron tenidas en cuenta para la organización y distribución de los bancos de pruebas dentro del laboratorio para un adecuado aprovechamiento del área. En el mismo podrán ser evaluados accesorios que incluyen: goteros, difusores y miniaspersores de bajo caudal, microaspersores, aspersores de bajo, medio y alto caudal, boquillas para las máquinas de riego, pérdidas de carga en conexiones, válvulas hidráulicas y filtros entre otros. Como parte del laboratorio se necesitan cinco equipos de bombeo con caudales entre 0,5 y 25 L/s y presiones en el rango de 400 y 600 kPa. El laboratorio hidráulico diseñado demandará de inversiones en equipamientos valoradas en 95 523,20 USD, equivalentes a 2 292 556,80 CUP según la tasa de cambio vigente.

**Palabras clave:** goteros, difusores, miniaspersores, válvulas hidráulicas, aspersores, pérdidas de carga.

**ABSTRACT:** The agricultural development program is associated with a significant investment in irrigation technologies; sometimes the technical parameters of the operation of parts and accessories are unknown, which is why they need to be evaluated, which is why this work aims to design under criteria hydraulic and based on ISO standards, test benches for the evaluation of irrigation components, in particular, sprinkler and localized. The design proposal used ISO 9001:2015 standards, which provide guidelines for quality control and calibration of measurement equipment, ISO/IEC 17025, which provides guidelines for the technical competence of laboratories and establishes requirements. for planning and designing experiments. These standards were taken into account for the organization and distribution of the test benches within the laboratory for adequate use of the area. Accessories that include: drippers, diffusers and low-flow mini-sprinklers, micro-sprinklers, low-, medium- and high-flow sprinklers, nozzles for irrigation machines, pressure losses in connections, hydraulic valves and filters, among others, may be evaluated. As part of the laboratory, five pumping equipment is needed with flow rates between 0.5 and 25 L/s and pressures in the range of 400 and 600 kPa. The designed hydraulic laboratory will require investments in equipment valued at 95,523.20 USD, equivalent to 2,292,556.80 CUP according to the current exchange rate.

**Keywords:** Drippers, Diffusers, Mini-Sprinklers, Hydraulic Valves, Sprinklers, Load Loss.

### INTRODUCCIÓN

Un aspecto importante en los sistemas de riego es la comprobación de sus condiciones de funcionamiento, la detección de posibles desperfectos o averías y cómo

solucionarlos. Muchos factores influyen en la no obtención de buenos resultados productivos al utilizar la irrigación, pero sin lugar a dudas, uno de ellos lo constituye la insuficiente calidad de algunos componentes utilizados en la fabricación de los

\*Autora para correspondencia: Marielkis Rodríguez-Laffita e-mail. [marielkis.rodriguez@iagric.minag.gob.cu](mailto:marielkis.rodriguez@iagric.minag.gob.cu)

Recibido: 06/12/2023

Aceptado: 14/06/2024

sistemas de riego, de los cuales dependen el buen funcionamiento y la duración de los mismos. Las características de funcionamiento hidráulico de los componentes de los equipos de riego deben estudiarse para conocer cómo diseñar estos sistemas, de modo tal que garanticen la entrega uniforme y las cantidades necesarias de agua para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos, y que tanto el costo como su operación resulten económicos. Estas, son obtenidas en los ensayos (pruebas) realizadas en campo y laboratorio y también, en algunos casos, se obtienen mediante cálculos teóricos (Pimentel et al., 1986).

Desde el año 1968 y hasta principios de la década de los 90's, la evaluación de equipos para el riego, principalmente emisores fueron desarrollada en el laboratorio hidráulico y plazoleta de evaluación de aspersores del Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) de la Universidad Tecnológica de la Habana "José A. Echeverría". (CIH-CUJAE-Cuba, 2022).

Paralelamente al trabajo desarrollado en el CIH, el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (1976-2011) efectuaba también pruebas en su plazoleta de evaluación de aspersores, localizada en la Estación Experimental "Pulido" de este Instituto en Alquizar, en las cuales se evaluaba a diferentes velocidades del viento, diferentes boquillas y presiones. Para 1985, con el comienzo de la producción nacional de micro aspersores, en la fábrica anexa a dicho Instituto se creó un pequeño laboratorio donde se comenzaron las evaluaciones de esta producción (Crespo & Hernández, 1985).

Alrededor de los años 90's, con la consolidación de la industria de riegos anexa al Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD) se amplía el banco de pruebas y se incrementa el servicio a evaluaciones de equipos y accesorios de riego localizado que se producían en la fábrica adjunta a la entidad, además de evaluación de aspersores, goteros y micro jets, válvulas, filtros, equipos de fertirrigación y bombas horizontales pequeñas con el propósito de recomendar su introducción en los sistemas productivos (Molina, 1997). Con el paso del tiempo este banco de pruebas dejó de ser funcional por el deterioro de su infraestructura y la fábrica pasó al Ministerio de Industrias.

En el momento actual, la introducción de nuevos equipamientos de riego parte de tres vías, la dos tradicionales que son: la importación y la fabricación nacional por parte de empresas estatales y una nueva surgida a partir del programa de ordenamiento de la economía que ha dado lugar al surgimiento de medianas y micro, pequeñas y mediana empresas (MIPYME) que ya producen diferentes emisores y elementos para riego.

De acuerdo con lo antes señalado, constituye para el IAgri una prioridad la creación de bancos de pruebas para la evaluación de equipos y emisores de riego que le permita cumplir con las obligaciones según la

legislación vigente. En atención a lo anterior, el presente trabajo está dirigido a diseñar bajo criterios hidráulicos y fundamentados en normas ISO los bancos de pruebas para la evaluación de componentes asociados a las tecnologías de riego en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola mediante el cual se pueda realizar una amplia gama de evaluaciones hidráulicas de equipos y accesorios para riego; tanto de producción nacional como internacional a través de estas evaluaciones y la certificación estos productos para su posible introducción en la práctica del riego en Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Laboratorio Hidráulico

El laboratorio hidráulico que formará parte de las instalaciones científico-técnicas del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgri), se ubica en la Carretera Fontanar al Wajay, km 21/2 reparto Abel Santamaría municipio Boyeros, La Habana, Cuba con coordenadas geográficas Latitud: 23.014129 N y Longitud: -82.418860 W. Para su funcionamiento se utilizará una nave a la entrada del instituto

La nave tiene un área total de 261 m<sup>2</sup> para el montaje de los bancos de prueba, que incluye espacio para evaluaciones de radio de alcance y pluviométricas de los aspersores de hasta 20 metros en condiciones de viento cero. Además, se cuenta con un área exterior de 990 m<sup>2</sup> para realizar otras evaluaciones donde el espacio para ejecutarlas sea mayor que el disponible en el área techada como se muestra en la [Figura 1](#).

En la realización del trabajo, y con el fin de adquirir experiencia y criterios técnicos sobre laboratorios de evaluaciones hidráulicas existentes en el País fueron visitados las siguientes instituciones: el laboratorio de hidráulica de la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echevarría", el Centro de bombas Acinox y al laboratorio de mecánica de los fluidos en la Universidad de Camagüey.

Se realizaron, además consultas con expertos en el tema los que aportaron experiencias que facilitaron el avance para la elaboración del documento de tesis y se consultaron en Revistas científicas y plataformas de internet alrededor de más del 70% de las bibliografías citadas en el trabajo.

### Normas ISO a utilizar para la evaluación de los aspersores

En el caso de los aspersores, las normas ISO a utilizar para su evaluación son:

- La Norma [NC ISO 15886-2: 12, \(2012\)](#) que establece las características de diseño, los materiales con los que pueden estar fabricados los

aspersores, los requisitos para su correcta instalación, así como las particularidades de su funcionamiento y sus métodos de ensayo.

- La Norma Española [UNE-EN 14049, \(2005\)](#). Técnicas de riego. Intensidad de aplicación de agua. Principios de cálculo y métodos de medida.
- *NC EN UNE 14049-1:2010* Técnicas de riego. Intensidad de aplicación de agua. Principios de cálculo y métodos de medida ([NC EN UNE 14049-1, 2010](#)).
- *NC ISO 15886-1: 2014* Equipamiento de Riego Agrícola - Aspersores - Parte 1 - Definición de los términos y clasificación ([NC ISO 15886-1:, 2012](#)).
- [NC ISO 15886-3 \(2012\)](#) Equipamiento de Riego Agrícola - Aspersores - Parte 3 - Caracterización de la distribución y métodos de ensayos ([UNE-ISO 8026:12, 2012](#))

Los materiales a evaluar son aspersores de impacto o de accionamiento hidráulico utilizados en los sistemas de riego por aspersión. Se realizarán determinaciones para la calidad constructiva del aspersor, fugas o salideros, estanqueidad y resistencia de sus componentes, velocidad de giro, desgaste y vida útil del aspersor, Determinación del caudal vs presión, distribución pluviométrica y el radio de alcance efectivo.

#### Evaluación de los goteros de Riego Localizado. Normas ISO a utilizar

- La Norma [UNE-EN ISO 9261 \(2010\)](#) especifica los requisitos mecánicos y funcionales de los emisores de riego con o sin regulación de presión, los métodos de prueba y los datos que deben proporcionar los fabricantes
- Norma Española [UNE-EN 15097 \(2007\)](#). Técnicas de riego. Riego Localizado. Evaluación Hidráulica.

• Norma Española [UNE 68-075 \(1986\)](#). Material de riego. Emisores. Requisitos generales y métodos de ensayo.

- Norma [UNE-EN ISO 9261 \(2004\)](#) Equipos de riego - Emisores y tuberías emisoras - Especificaciones y métodos de ensayo.

En los **ensayos de funcionamiento** se tiene en cuenta uniformidad de caudal y la relación caudal presión para emisores compensantes y no compensantes

#### Evaluación de los difusores y miniaspersores de Riego Localizado. Normas ISO a utilizar

Norma Española [UNE-EN 15097 \(2007\)](#). Técnicas de riego. Riego Localizado. Evaluación Hidráulica.

Norma Española [UNE 68-073-85, \(1985\)](#). Material de riego. Emisores. Requisitos generales y métodos de ensayo.

[UNE-ISO 8026:12 \(2012\)](#): Especificaciones y métodos de ensayo para difusores.

En el caso de los difusores y miniaspersores con y sin regulación de presión al igual que en las demás evaluaciones se hace una selección de la muestra en función del ensayo designado. Se determina Curva caudal vs presión, distribución pluviométrica, alcance efectivo, distribución del agua sobre la superficie regada y altura de la trayectoria.

#### Evaluación de las válvulas. Normas ISO a utilizar

La norma [ISO 7714: 08 \(2008\)](#) establece los requisitos generales y los métodos de ensayo para las válvulas volumétricas.

La norma [ISO 6403:18 \(2018\)](#) establece los requisitos generales y los métodos de ensayo para válvulas de control de fluidos hidráulicos.

En la evaluación hidráulica se determinan las pérdidas de carga en función de los caudales y del cierre del vástago de regulación con el empleo de un manómetro diferencial de mercurio y los manómetros Bourdon de precisión.

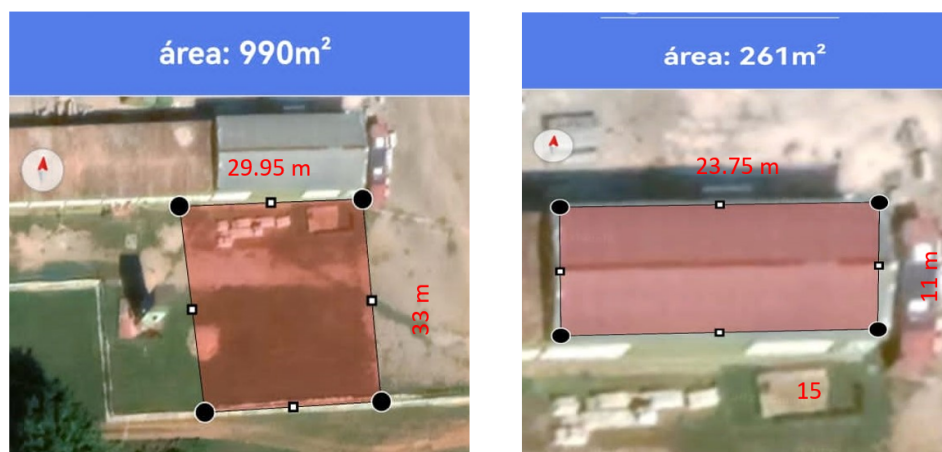


FIGURA 1. Dimensiones de la nave y el área exterior.

### Banco de prueba para bombas centrifugas

Este permitirá estudiar y analizar los principios teóricos fundamentales que rigen a un sistema de bombeo y conocer los diferentes parámetros que constituyen las curvas características de un sistema de bombeo. Para obtener dichas curvas, es necesario determinar los siguientes parámetros: Altura total producida por la bomba, flujo Volumétrico. Potencia eléctrica suministrada al motor. La potencia eléctrica se mide con un voltímetro, un amperímetro y el factor de potencia se mide con un kW.

### Facilidades de agua y electricidad

La facilidad de agua disponible para el desempeño en los diferentes bancos de pruebas del laboratorio será a través de una cisterna diseñada como parte del trabajo, que cuenta además con un pozo de succión (PS), cuyas dimensiones y capacidad de almacenamiento de agua aparecen en la [Tabla 1](#).

**TABLA 1.** Datos constructivos de la cisterna

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
5	3	2 + 1 PS	35

La electricidad se podrá obtener a partir de un banco de transformadores colindante a la nave con disponibilidad de 25 kV y servicio de corriente monofásica y trifásica. Se necesita un incremento de hasta 37 kV para cubrir las necesidades de funcionamiento de los bancos de pruebas propuestos como se muestra en la [tabla 2](#).

**TABLA 2.** Datos del banco de transformadores

Electricidad	Disponible	Necesidades
(kV)	25	37

Los diseños correspondientes a los bancos de pruebas se realizaron con la ayuda del software Autodesk AutoCAD Civil 3D, también fueron utilizados programas de Office como PowerPoint para diseños de diagramas de flujo, STATGRAPHICS versión Plus 5.0, Excel para la representación gráfica, que es uno de los parámetros más importantes de un emisor, con sus respectivos coeficientes de correlación, determinación, exponentes y coeficientes de la ecuación. El Word fue utilizado para la escritura del documento de tesis. En la [Tabla 1](#) se muestra las características de la cisterna.

### Valoración económica para la ejecución del laboratorio de hidráulica

Para el estudio y valoración económica del laboratorio solo se tuvo en cuenta el listado de materiales y los precios actuales de venta en el momento de elaboración del documento y la

conversión de \$USD a \$CUP según tasa de cambio vigente del Banco Nacional de Cuba 1 USD: 24 CUP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propuesta de diseño del laboratorio de Hidráulica para las condiciones del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

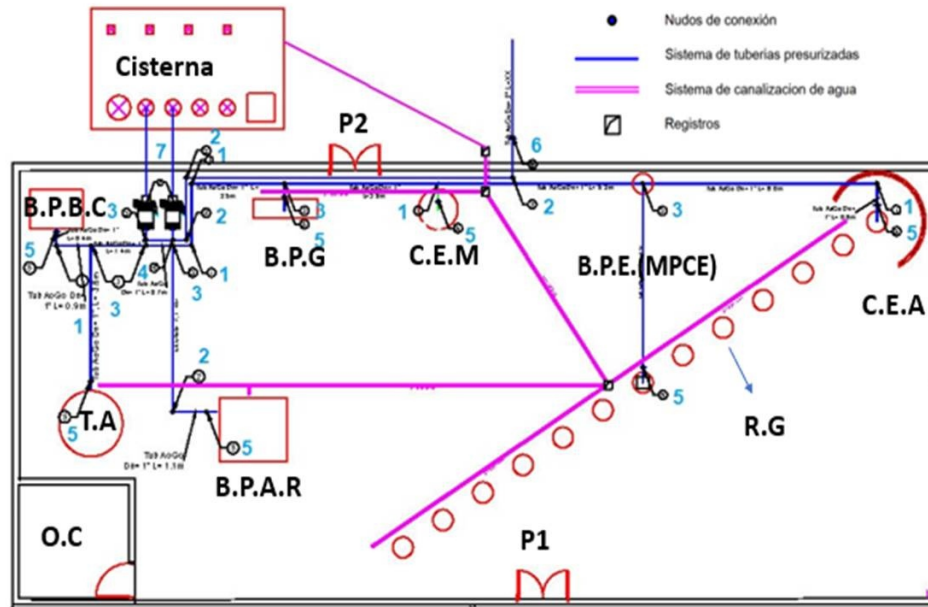
Teniendo en cuenta que dentro la misión del IAgric, están incluidas las evaluaciones de la eficiencia y la calidad de las tecnologías de riego y sus componentes para su introducción en los sistemas agrícolas, se presenta una propuesta de laboratorio hidráulico que permitirá cubrir la amplia gama de evaluaciones hidráulicas de equipos y accesorios, entre ellos, goteros, difusores, mini aspersores, boquillas para máquinas de riego, válvulas hidráulicas, filtros, aspersores de medio y alto caudal, bombas y otros que le corresponden a la institución acorde con la misión encomendada por el estado a la misma, según se describe en el *decreto-ley número 2/2019 “De la mecanización, el riego, el drenaje agrícola y el abasto de agua a los animales”* ([Decreto-Ley 2/2019, 2019](#)).

En la [Figura 2](#), se muestra cómo quedarían ubicados los distintos bancos de prueba que se necesitan para acometer las principales evaluaciones hidráulicas a realizar en el laboratorio. Esta disposición tuvo en cuenta la seguridad del trabajo, la accesibilidad, el control, y la posibilidad de realizar las actividades diarias de los bancos de pruebas sin que se estorben unos a otros.

### Principales Servicios que puede prestar el Laboratorio Hidráulico

Dentro de los servicios que el laboratorio hidráulico pretende prestar se encuentran los siguientes:

- Evaluación de goteros, difusores y miniaspersores de bajo caudal desde 0 a 0,025 L/s y rango de presiones de 5 - 40 (kPa)
- Evaluación de microaspersores, aspersores de bajo caudal, boquillas para las máquinas de riego, pérdidas de carga en conexiones, etc. Con necesidad de caudal entre 0,05 L/s y 1,0 L/s
- Evaluación de válvulas hidráulicas entre 2” - 6” y caudales desde 3,0 L/s - 45,6 L/s
- Aspersores de medio caudal entre 1,0 y 4,0 L/s con un alcance de 10 a 12 metros y presión entre 30 y 35 (kPa)
- Aspersores de alto caudal mayores de 4,0 L/s capaces de regar a una distancia entre 16 y 20 metros con presión en torno a los 5 (kPa)
- Filtros y otros dispositivos con diámetro entre 1" y 6"
- Bombas horizontales de mediano caudal con un rango de 10 - 20 L/ s a pequeño caudal con un rango de 0 - 10 L/s



LEYENDA:

P1 y P2- Puertas.

O.C-Oficina de control.

T.A-Tanque de aforo volumétrico.

B.P.A.R-Banco de pruebas de accesorios de riego.

B.P.B.C-Banco de pruebas de bombas centrífuga.

B.P.G-Banco de pruebas de Gotos.

C.E.M-Campana de evaluación de Microaspersores

B.P.E.(MPCE)-Banco de Pruebas para emisores en Máquina de Pivote Central Eléctrica (MPCE).

C.E.A-Campana de evaluación de Aspersores.

R.G-Recipientes Graduados.

1 Codo 90° roscado Dn= 1"

2 Codo 90° roscado Dn= 2"

3 Tee igual roscada Dn= 1"

4 Tee igual roscada Dn= 2"

5 Valvula roscada Dn= 1"H

6 Valvula roscada Dn= 2"H

7 Electrobombas

FIGURA 2. Plano general y ubicación de los diferentes bancos de pruebas.

**Personal que demanda el laboratorio y sus funciones**

El laboratorio contará con un director, un responsable técnico, un responsable de control de calidad, y personal calificado, instalaciones apropiadas, equipos y materiales adecuados a los requisitos de los procedimientos analíticos. El director del laboratorio es el recurso humano clave para el logro de un clima organizacional óptimo y para garantizar que los principios de las Buenas Prácticas de Laboratorios se cumplan. El técnico es el encargado de la ejecución de las evaluaciones en el laboratorio y de la calidad de los resultados obtenidos. El responsable de control de calidad es el encargado de la supervisión del control de calidad interno de los procesos de evaluaciones y el cumplimiento de las normativas vigentes (Laboratorios, 2023).

**Propuestas de bancos de prueba a incluir en el laboratorio**

La propuesta de los diferentes bancos de pruebas que se pretenden llevar a cabo en el laboratorio hidráulico de riego para el IAgric son:

**Banco de prueba de aspersores.** Es una instalación utilizada para evaluar y analizar el rendimiento de los aspersores utilizados en sistemas de riego. Estos bancos de prueba están diseñados específicamente para simular las condiciones reales de riego y proporcionar datos precisos sobre el caudal, alcance, uniformidad de distribución y otros parámetros relacionados con el funcionamiento de los aspersores (Figura 3).

**Banco de pruebas de microaspersores.** Es una instalación diseñada específicamente para evaluar y

analizar el rendimiento de los microaspersores utilizados en sistemas de riego. Estos bancos de pruebas están diseñados para simular las condiciones reales de riego y proporcionar datos precisos sobre el caudal, alcance, uniformidad de distribución y otros parámetros relacionados con el funcionamiento de los microaspersores. (Figura 4)

**Banco de pruebas de goteros.** Es una instalación utilizada para evaluar y analizar el rendimiento de los goteros utilizados en sistemas de riego por goteo. Estos bancos de pruebas están diseñados específicamente para simular las condiciones reales de riego y proporcionar datos precisos sobre el caudal, la uniformidad de emisión, la presión de apertura, la resistencia a la obstrucción y otros parámetros relacionados con el funcionamiento de los goteros, (Figura 5).

**Banco de pruebas de válvulas.** Es una instalación utilizada para evaluar y analizar el rendimiento de las válvulas utilizadas en sistemas de riego. Estos bancos de pruebas están diseñados específicamente para simular las condiciones reales de operación de las válvulas y proporcionar datos precisos sobre su capacidad de control de flujo, hermeticidad, tiempo de apertura y cierre, entre otros parámetros relacionados con su funcionamiento. Se podrá determinar la diferencia de presiones, la influencia de la forma del orificio de la válvula en la pérdida de carga, la influencia de la velocidad de flujo, la determinación de coeficientes de resistencia, además nos permitirá una comparación entre experimento y cálculo (Figura 6) (G.U.N.T. Gerätebau GmbH, 2023).

**Banco de pruebas de boquillas.** Es un sistema utilizado para evaluar y probar la eficiencia, el rendimiento y la uniformidad de las boquillas de riego utilizadas en sistemas de riego agrícola. Estos bancos de pruebas están diseñados específicamente para simular las condiciones de riego reales y proporcionar datos precisos sobre su caudal, presión y patrón de distribución de agua. (Figura 7).

**Banco de pruebas de bombas.** Es una instalación utilizada para evaluar y analizar el rendimiento de las bombas utilizadas en sistemas de bombeo. Estos bancos de pruebas están diseñados específicamente para simular las condiciones reales de operación de las bombas y proporcionar datos precisos sobre su caudal, presión, eficiencia, consumo de energía y otros parámetros relacionados con su funcionamiento.

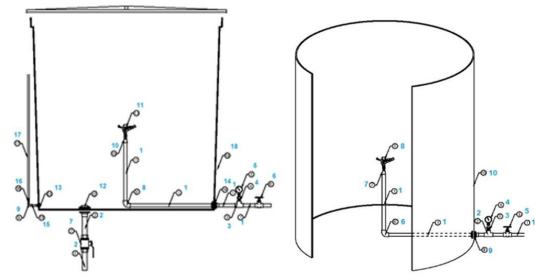


FIGURA 3. Instalación hidráulica para el aforo volumétrico de un aspersor.

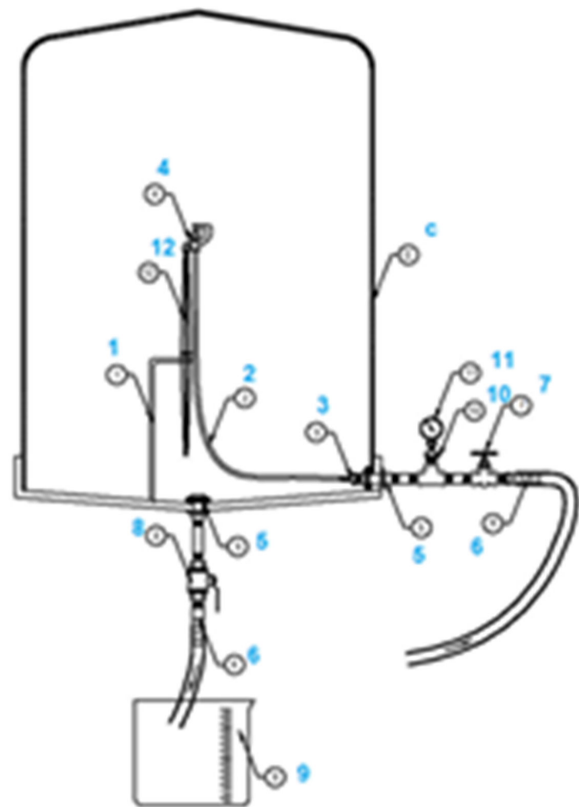


FIGURA 4. Instalación hidráulica para el Aforo volumétrico de un microaspersor.

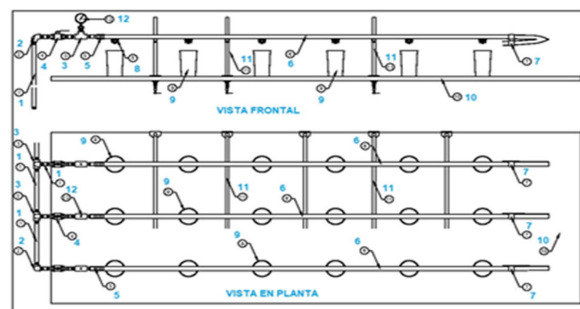


FIGURA 5. Esquema de instalación hidráulica del banco de emisores de riego localizado.

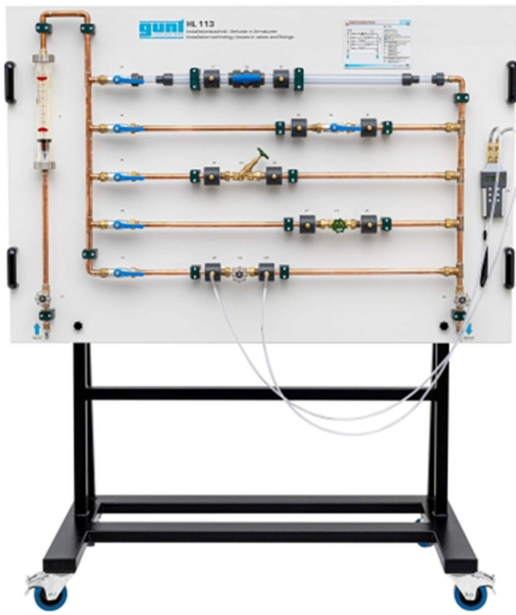


FIGURA 6. Banco de pruebas para válvulas y accesorios de riego.

#### Banco de prueba para bombas centrífugas

El banco de pruebas, de una bomba centrífuga, permitirá estudiar y analizar los principios teóricos fundamentales que rigen a un sistema de bombeo y conocer los diferentes parámetros que constituyen las curvas características de un sistema de bombeo. Para obtener dichas curvas, es necesario determinar los siguientes parámetros:

- a. Altura total producida por la bomba. Para determinar la altura total, se conectó un manómetro en la tubería de descarga y un vacuómetro en la tubería de succión. Ambos medidores son colocados a la misma cota a partir del eje de la bomba.
- b. Flujo Volumétrico. El caudal se determina a partir de la medición de la caída de presión en la placa orificio, esta caída se mide conectado un manómetro diferencial. Las tomas de presión son colocadas a la misma cota a partir de la placa orificio.
- c. Potencia eléctrica suministrada al motor. La potencia eléctrica se mide con un voltímetro, un amperímetro y el factor de potencia, o se mide directamente con un Wattímetro. [Figura 8](#)

#### Sustentación económica del laboratorio hidráulico

La sustentación económica del laboratorio hidráulico puede provenir de diversas fuentes, como la realización de estudios y proyectos de investigación, la prestación de servicios de evaluación de dispositivos de riego producidos o comercializados por diferentes compañías, la formación y capacitación

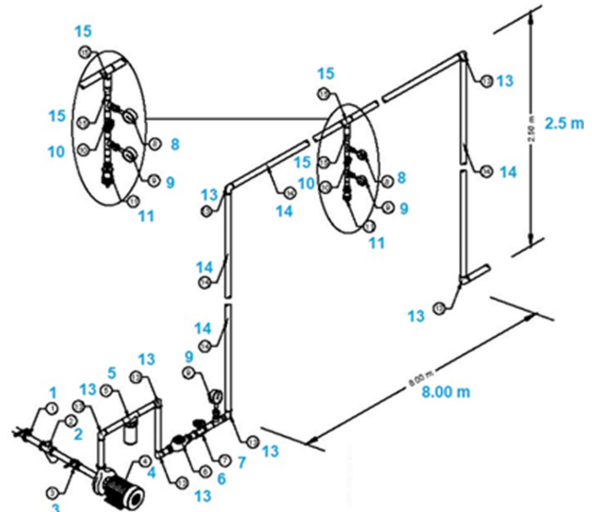


FIGURA 7. Pórtico y componentes de la instalación hidráulica para la evaluación de boquillas difusoras MPCE a diferentes alturas.



FIGURA 8. Banco de pruebas de bombas centrífuga.

de personal especializado, entre otros. En el caso específico de la evaluación de dispositivos de riego, podremos ofrecer servicios de ensayo y certificación de equipos de riego, lo que permite a los fabricantes demostrar la calidad y eficiencia de sus productos tanto de producción nacional como internacional. Además, también podemos ofrecer servicios de asesoramiento técnico y consultoría en el diseño y desarrollo de sistemas de riego, lo que puede generar ingresos adicionales. En resumen, podremos obtener sustentación económica a través de la prestación de servicios de evaluación, certificación, asesoramiento técnico y consultoría, entre otros.

## Valoración económica para ejecutar el Laboratorio Hidráulico del IAgriC

La propuesta de diseño del laboratorio hidráulico que necesita el IAgriC demandará de inversiones en equipamientos que se facilitan los detalles en el anexo 1, donde la suma resultante de cada banco de pruebas presupuestado asciende al valor de 95 523,20 USD equivalentes a 2292556,80 CUP, según los precios actuales.

### CONCLUSIONES

- La propuesta de diseño del laboratorio de hidráulica en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgriC) está avalada por las normas ISO 9001:2015 e ISO/IEC 17025: 2005, que proporcionan directrices para el control de la calidad, la calibración de los equipos de medición y los lineamientos para la competencia técnica de los laboratorios.
- La propuesta de diseño del laboratorio de hidráulica tendrá la capacidad de evaluar accesorios de riego que incluyen: goteros, difusores y miniaspersores de bajo caudal en el rango de 0 a 90 L/h, microaspersores, aspersores de bajo, medio y alto caudal, boquillas para las máquinas de riego, pérdidas de carga en conexiones, válvulas hidráulicas y filtros entre otros, con caudales de 200 - 3600 L/h, lo que permite al IAgriC cumplir con su encargo estatal.
- La obra civil concebida para la propuesta de diseño del laboratorio de hidráulica requiere de profundas modificaciones, entre ellas la estructura interna, el incremento de la capacidad eléctrica y la impermeabilización de la cisterna.
- La propuesta de diseño del laboratorio de hidráulica del IAgriC demandará de inversiones en equipamientos que pueden valorarse en 95523.20 USD equivalentes a 2292556,80 CUP, según los precios actuales.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIH-CUJAE-Cuba. (2022). *Laboratorio hidráulico y plazoleta de evaluación de aspersores del centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH)* [Informe de etapa de proyecto]. Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) del Universidad Tecnológica de la Habana. "José A. Echeverría". Informe de etapa de proyecto, La Habana, Cuba.
- Crespo, J. A., & Hernández, P. (1985). Determinación de las características de cinco microaspersores de producción nacional. *Revista Ciencia y técnica en la agricultura. Riego y Drenaje*, 8(2).
- Decreto-Ley 2/2019. (2019). *De la mecanización, el riego, el drenaje agrícola y el abasto de agua a los animales*. Consejo de Estado, La Habana, Cuba.
- G.U.N.T. Gerätebau GmbH. (2023). *Ingeniería de instalación: Pérdidas en robineterías*. G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Germany. <https://www.gu.nt.de/es/productos/ingenieria-de-suministro-hvac/tecnica-de-calefaccion/fundamentos-de-la-tecnica-de-calefaccion/ingenieria-de-instalacion-perdidas-en-robineterias/065.11300/hl113/glct-1:pa-150:ca-134:pr-417?view=panel&scsf=1>.
- ISO 7714: 08. (2008). *Establece los requisitos generales y los métodos de ensayo para las válvulas volumétricas* [Norma ISO 7714:2008]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Laboratorios, Wikipedia. (2023). *Laboratorios*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>
- Molina, Y. (1997). *Diagnóstico y mejoramiento de instalaciones existentes del laboratorio hidráulico del IIRD* [Proyecto de automatización, tesis presentada en opción al grado de Master en Hidráulica en la especialidad de Riego y Drenaje]. Instituto de Inv. de Riego y Drenaje, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- NC EN UNE 14049-1. (2010). *Técnicas de riego. Intensidad de aplicación de agua. Principios de cálculo y métodos de medida* (UNE 14049-1:2005 IDT) [Norma UNE española]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NC ISO 15886-1: (2012). *Equipamiento de Riego Agrícola – Aspersores – Parte 1 – Definición de los términos y clasificación* (NC ISO 15886-1: 2012). Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NC ISO 15886-2: 2012. (2012). *Establece las características de diseño, los materiales con los que pueden estar fabricados los aspersores, los requisitos para su correcta instalación, así como las particularidades de su funcionamiento y sus métodos de ensayo* [NC ISO 15886-2: 2012]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NC ISO 15886-3. (2012). *Equipamiento de Riego Agrícola – Aspersores – Parte 3 – Caracterización de la distribución y métodos de ensayos* [ISO 15886-3: 2012, IDT]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Norma Española UNE 68-073-85. (1985). *Material de riego. Emisores. Requisitos generales y métodos de ensayo*. [Norma Española UNE 68-073-85]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Norma Española UNE 68-075. (1986). *Material de riego. Emisores. Requisitos generales y métodos de ensayo*. [Norma Española UNE 68-075-86]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Norma Española UNE-EN 15097. (2005). *Técnicas de riego. Intensidad de aplicación de agua. Principios*



- de cálculo y métodos de medida. Norma Española UNE-EN 14049.2005, Madrid, España.
- Norma Española UNE-EN 15097. (2007). *Técnicas de riego. Riego Localizado. Evaluación Hidráulica* [Norma Española UNE-EN 15097, 2007]. Norma Española UNE-EN 15097,2007 Madrid, España.
- Norma ISO 6403:18. (2018). *Establece los requisitos generales y los métodos de ensayo para válvulas de control de fluidos hidráulicos* [Norma ISO 6403:2018]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Norma UNE-EN ISO 9261. (2004). *Equipos de riego. Emisores y tuberías emisoras. Especificaciones y métodos de ensayo* [Norma UNE-EN ISO 9261:2004]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Norma UNE-EN ISO 9261. (2010). *Especifica los requisitos mecánicos y funcionales de los emisores de riego con o sin regulación de presión, los métodos de prueba y los datos que deben proporcionar los fabricantes.* [Norma UNE-EN ISO 9261:2010]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Pimentel, J. J., Silos, G. M., & Zamarroni, C. A. (1986). *Anteproyecto de Tesis: Caracterización del Funcionamiento Hidráulico y de Calidad de Emisores Tipo Vortex Microtubos.* Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- UNE-ISO 8026:12. (2012). *Especificaciones y métodos de ensayo para difusores* [UNE-ISO 8026:2012]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.

Marielkis Rodríguez Laffita, Ing. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353.

Julián Herrera-Puebla, Dr.C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: [julian.herrera@iagric.minag.gob.cu](mailto:julian.herrera@iagric.minag.gob.cu)

Reinaldo Cun-González, Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: [reinaldo.cun@iagric.minag.gob.cu](mailto:reinaldo.cun@iagric.minag.gob.cu)

Yoima Chaterlán-Durruthy, Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: [yoima.chaterlan@iagric.minag.gob.cu](mailto:yoima.chaterlan@iagric.minag.gob.cu).

Zenén Placeres Miranda, Ing., Esp., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: [zenen.placeres@iagric.minag.gob.cu](mailto:zenen.placeres@iagric.minag.gob.cu).

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS: Conceptualization:** Marielkis Rodríguez Laffita, Julián Herrera Puebla. Reinaldo Cun González. Yoima Chaterlán Durruthy. Zenén Placeres Miranda. **Data curation:** Marielkis Rodríguez Laffita. Julián Herrera Puebla. Formal analysis: Marielkis Rodríguez Laffita. Julián Herrera Puebla. Reynaldo Cun González. Yoima Chaterlán Durruthy. Zenén Placeres Miranda. **Investigation:** Marielkis Rodríguez Laffita. Julián Herrera Puebla. Reynaldo Cun González. **Methodology:** Marielkis Rodríguez Laffita. Reynaldo Cun González. Yoima Chaterlán Durruthy. Zenén Placeres Miranda. **Supervision:** Julián Herrera Puebla. **Validation:** Marielkis Rodríguez Laffita. Julián Herrera Puebla. Reynaldo Cun González. Yoima Chaterlán Durruthy. Zenén Placeres Miranda. **Roles/Writing, original draft:** Marielkis Rodríguez Laffita. **Writing, review & editing:** Marielkis Rodríguez Laffita. Julián Herrera Puebla. Reynaldo Cun González. Yoima Chaterlán Durruthy. Zenén Placeres Miranda.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)