

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“DISEÑO DE BANCO DE ENSAYO PARA LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN – CAÑASBAMBA – UNASAM – 2018”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:**

**JHOEL JESÚS MAYLLE AMBROCIO**

**ASESOR:**

**Ing. Dr. LUIS ORBEGOSO NAVARRO**

**Huaraz, Perú**

**2019**



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: Maylle Ambrocio Jhoel Jesús

Código de alumno: 102.0304.292 Teléfono: 998025666

Correo electrónico: [jhoel4444@gmail.com](mailto:jhoel4444@gmail.com) DNI o Extranjería: 71813223

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

- Trabajo de investigación                       Trabajo académico  
 Trabajo de suficiencia profesional             Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

- Bachiller                       Título                       Segunda especialidad  
 Licenciado                       Magister                       Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

DISEÑO DE BANCO DE ENSAYO PARA LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN – CAÑASBAMBA – UNASAM - 2018

**5. Facultad de:** Ciencias Agrarias

**6. Escuela, Carrera o Programa:** Ingeniería agrícola

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: Dr. Luis Orbegoso Navarro                      Teléfono: 939185560

Correo electrónico: [orbe5@hotmail.com](mailto:orbe5@hotmail.com)                      DNI o Extranjería: 31664516

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: .....

D.N.I.: 71813223

FECHA: 21 de enero del 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **JHOEL JESÚS MAYLLE AMBROCIO**, denominada: "**DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYO PARA LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN-CAÑASBAMBA-UNASAM-2018**", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

..... **APROBADO** .....


CON EL CALIFICATIVO (\*)

..... **QUINCE (15)** .....


En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 10 de diciembre del 2019

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Teófanos MEJÍA ANAYA  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Francisco ESPINOZA MANCISIDOR  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Tito Moner TINOCO MEYHUAY  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Alberto ORBEGOSO NAVARRO  
PATROCINADOR

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20)**, **APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18)**, **APROBADO (14 -16)**, **DESAPROBADO (00 - 13)**.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

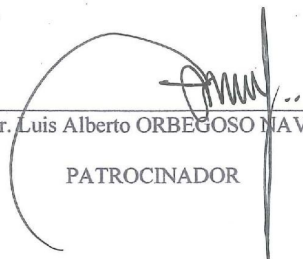
Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: "DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYO PARA LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACION-CAÑASBAMBA-UNASAM-2018", presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola JHOEL JESÚS MAYLLE AMBROCIO, y sustentada el día 10 de diciembre del 2019, por Resolución Decanatural N°518-2019-UNASAM-FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 10 de diciembre del 2019

  
Dr. Teófanos MEJÍA ANAYA  
PRESIDENTE

  
Ing. Francisco ESPINOZA MANCISIDOR  
SECRETARIO

  
Dr. Tito Moner TINOCO MEYHUAY  
VOCAL

  
Dr. Luis Alberto ORBEGOSO NAVARRO  
PATROCINADOR



A Dios por darme la vida y fortaleza.

A mis Padres Clever y Clemencia.

Por su amor, orientación y apoyo incondicional

A mis hermanos, Adonis, Antony,

Arnold, Albeth y Nicold.

A María Arana, por su

apoyo incondicional y estímulo

permanente en la consecución de

mis más caros anhelos.

## **AGRADECIMIENTO**

- Al Dr. Orbegoso Navarro Luis, patrocinador de la presente tesis, por su apoyo y confianza que fue de mucha importancia para el desarrollo y culminación de esta tesis.
- Al Mg. Sc. Reyes Roque Esteban Pedro, por asesorarme y orientarme en la planificación, elaboración y realización de la presente investigación.
- A los miembros del jurado Dr. Mejía Anaya Teofanes, Dr. Tinoco Meyhuay Tito Moner e Ing. Espinoza Mancisidor Francisco, por el apoyo y orientación para elaborar la presente investigación.
- A la Facultad de Ciencias Agrarias y a la “Universidad Santiago Antúnez de Mayolo” por darme las facilidades para terminar el estudio de Pre grado.
- A mis amigos, Waldir Chucchu Ramírez, Edin Bautista Solano, Ruyer Lujerio García y Juan Asencios Javier.
- A todos los docentes de la Escuela de profesional de Ingeniería agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

## LISTA DE CONTENIDO

	Página
Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice general	v
Índice de cuadros	viii
Índice de cuadros	ix
Índice de cuadros	x
Resumen	xi

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.1.	Objetivo general .....	2
1.1.2.	Objetivos específicos.....	2
1.2.	Hipótesis.....	2
1.3.	Justificación.....	2
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1.	Antecedentes de la investigación .....	4
2.2.	Bases teóricas .....	9
2.1.1.	Sistema de control de agua.....	9
2.1.2.	Riego localizado.....	9
2.1.3.	Riego por Goteo .....	10
2.1.3.1.	<i>Ventajas e inconvenientes del sistema.....</i>	10
2.1.4.	Componentes básicos de un sistema de riego localizado .....	11
2.1.4.1.	<i>Fuentes de abastecimiento de agua.....</i>	11
2.1.4.2.	<i>Cabezal de Riego.....</i>	11
2.1.4.3.	<i>Red de Conducción y Distribución: .....</i>	12
2.1.4.4.	<i>Válvulas de aire.....</i>	12
2.1.5.	Goteros o Emisores .....	12
2.1.1.1.	<i>Emisores auto compensantes.....</i>	13
2.1.1.2.	<i>principales características que definen un emisor:.....</i>	14
2.1.1.3.	<i>Descripción de los emisores probados en el laboratorio.....</i>	14
2.1.1.4.	<i>Clasificación de goteros.....</i>	20
2.1.2.	Aspectos Hidráulicos de Goteros .....	20
2.1.2.1.	<i>Número de Reynolds.....</i>	20
2.1.2.2.	<i>Relación caudal – presión.....</i>	21
2.1.3.	Sensibilidad A Las Variaciones De Presión.....	23
2.1.4.	Uniformidad de Riego .....	24
2.1.4.1.	<i>Factores que afectan la uniformidad .....</i>	25
2.1.4.1.1.	<i>Temperatura.....</i>	27
2.1.4.1.2.	<i>Diseño del emisor.....</i>	27
2.1.4.1.3.	<i>Material de fabricación: .....</i>	28
2.1.5.	Densidad.....	28
2.1.6.	La Estadística e Investigación .....	29
2.1.6.1.	<i>Experimento .....</i>	30



2.1.6.2.	<i>Grados de manipulación de la variable independiente</i> .....	30
2.1.6.3.	<i>¿Cómo se logra el control y la validez interna?</i> .....	30
2.1.6.4.	<i>Varios grupos de comparación</i> .....	30
2.1.6.5.	<i>Equivalencia durante el experimento</i> .....	31
2.1.6.6.	<i>Validez del experimento</i> .....	31
III.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	34
3.1.	Ubicación del campo experimental .....	34
3.2.	Materiales.....	35
3.1.1.	Material experimental .....	35
3.1.2.	Materiales, herramientas, equipos e insumos.....	35
3.1.2.1.	<i>Materiales de campo</i> .....	35
3.1.2.2.	<i>Materiales de escritorio</i> .....	37
3.1.2.3.	<i>Herramientas</i> .....	37
3.1.2.4.	<i>Equipos</i> .....	37
3.1.2.5.	<i>Software</i> .....	37
3.2.	Metodología de la Investigación .....	38
3.2.1.	Perspectiva Metodológica y Tipo de Investigación.....	38
3.2.2.	Tipo de Investigación .....	38
3.2.2.1.	<i>Según el objeto de estudio.</i> .....	38
3.2.2.1.1.	<i>Investigación Aplicada.</i> .....	38
3.2.2.2.	<i>Según el objeto de estudio.</i> .....	38
3.2.2.2.1.	<i>Investigación Seccional o Transversal.</i> .....	38
3.2.2.3.	<i>Según el objeto de estudio.</i> .....	38
3.2.2.3.1.	<i>Investigación Cuantitativa.</i> .....	38
3.2.2.4.	<i>Según el objetivo general.</i> .....	38
3.2.2.4.1.	<i>Investigación Experimental:</i> .....	38
3.2.2.5.	<i>Según la captación de la información</i> .....	38
3.2.2.5.1.	<i>Prospectivo</i> .....	38
3.2.3.	Población y muestra .....	39
3.2.3.1.	<i>Población:</i> .....	39
3.2.3.2.	<i>Muestra:</i> .....	39
3.2.4.	Recolección de la información .....	39
3.2.4.1.	<i>Técnica de recolección: Experimento, laboratorio (trabajo en campo)</i> .....	39
3.2.4.2.	<i>Instrumentos de recolección: Guía de Observación</i> .....	39
3.2.4.3.	<i>Fuente: datos primarios (se obtienen directamente)</i> .....	39
3.2.4.4.	<i>Procesamiento: prueba estadística.</i> .....	39

Variables .....	40
3.3. Procedimiento de campo .....	40
3.3.1. Preparación de terreno.....	40
3.3.2. Instalación del experimento.....	41
3.3.3. Sistema de Riego.....	44
3.3.4. Banco de ensayos .....	45
3.3.4.1. Esquema de distribución del banco de ensayo.....	46
3.4. Metodología para la evaluación de emisores .....	46
3.5. Metodología para calcular el coeficiente de uniformidad, coeficiente de variación y caudal unitario .....	48
3.5.1. Medición de pesos en campo.....	48
3.5.2. Cálculo de caudales .....	48
3.5.3. Análisis estadístico con el modelo t student.....	49
3.5.4. Determinación del coeficiente de uniformidad. ....	49
3.5.5. Determinación del coeficiente de variación .....	50
3.5.6. Determinación de ecuación de descarga del gotero .....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	51
4.1. Cálculo de los intervalos de confianza según modelo de emisor: .....	51
4.1.1. Gotero Azud premier 1.60 l/h.....	51
4.1.2. Gotero Rain bird 2.40 l/h.....	52
4.1.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h.....	52
4.1.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h.....	53
4.1.5. Gotero MicroFlapper 4 l/h.....	53
4.1.6. Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h.....	54
4.2. Coeficiente de uniformidad. ....	54
4.2.1. Gotero Azud Premier 1.60 l/h. ....	55
4.2.2. Gotero Rain bird 2.30 l/h.....	56
4.2.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h.....	57
4.2.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h.....	58
4.2.5. Gotero MicroFlapper 4 l/h.....	59
4.2.6. Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h.....	60
4.3. Coeficiente de variación.....	62
4.3.1. Gotero Azud Premier 1.60 l/h .....	62
4.3.2. Gotero Rain bird 2.40 l/h.....	63
4.3.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h.....	64
4.3.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h.....	65

4.3.5.	Gotero MicroFlapper 4 l/h.....	66
4.3.6.	Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h.....	67
4.2.	Relación de caudal – presión.....	69
4.2.1.	Gotero Azud premier 1.60 l/h.....	69
4.2.2.	Gotero Rain bird 2.40 l/h.....	70
4.2.3.	Gotero Desmontable Rambo 8 l/h.....	71
4.2.4.	Gotero Desmontable Rambo 4 l/h.....	72
4.2.5.	Gotero MicroFlapper 4 l/h.....	73
4.2.6.	Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h.....	74
V.	CONCLUSIONES .....	76
VI.	RECOMENDACIONES .....	78
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	79
VIII.	ANEXOS.....	80
	Gotero rain bird 1.60 l/h.....	136
	Gotero Desmontable Rambo 4 l/h.....	138
	Gotero MicroFlapper 4 l/h.....	139
	Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h.....	140

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Clasificación de emisores.....	20
<b>Cuadro 2</b> Valores de m.....	23
<b>Cuadro 3</b> En función del exponente de descarga x los emisores se clasifican.....	23
<b>Cuadro 4</b> Valores Recomendados de coeficiente de uniformidad .....	25
<b>Cuadro 5</b> Valores Recomendados de coeficiente de Variación.....	26
<b>Cuadro 6</b> Definición de variables .....	40



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Gotero Azud Premier 1.6 l/h.....	14
<b>Figura 2:</b> Gotero Rain Bird 2.3 l/h.....	15
<b>Figura 3:</b> Gotero desmontable rambo 8.0 l/h.....	16
<b>Figura 4:</b> Gotero desmontable rambo 4 l/h.....	17
<b>Figura 5:</b> Curvas de descarga del gotero MicroFlapper.....	18
<b>Figura 6:</b> Gotero MicroFlapper.....	18
<b>Figura 7:</b> Gotero katif – autocompensante.....	19
<b>Figura 8:</b> Ubicación geográfica del área en estudio.....	34
<b>Figura 9:</b> Imagen del banco de pruebas con dimensiones 2m x 1m.....	41
<b>Figura 10:</b> Unidad de filtrado instalado en el banco de pruebas.....	42
<b>Figura 11:</b> Adecuación de tuberías para el uso en banco de prueba.....	42
<b>Figura 12:</b> Llaves de paso adecuadas para controlar el caudal.....	43
<b>Figura 13:</b> Instalación de manómetro.....	43
<b>Figura 14:</b> verificación del funcionamiento del banco de ensayos.....	44
<b>Figura 15:</b> Banco de ensayos instalado.....	45
<b>Figura 16:</b> volumen registrado del gotero por cada punto de salida.....	48
<b>Figura 17:</b> Variación del coeficiente de uniformidad del emisor Azud premier 1.60 l/h.....	55
<b>Figura 18.</b> Variación del coeficiente de uniformidad del gotero Rain bird 2.30 l/h.....	56
<b>Figura 19.</b> Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.....	58
<b>Figura 20.</b> Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.....	59
<b>Figura 21.</b> Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.....	60
<b>Figura 22.</b> Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.....	61
<b>Figura 23.</b> Diferenciación del coeficiente de variación del gotero azud premier 1.60 l/h.....	63
<b>Figura 24.</b> Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.30 l/h.....	64
<b>Figura 25.</b> Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.30 l/h.....	65
<b>Figura 26.</b> Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.30 l/h.....	66
<b>Figura 27.</b> Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.30 l/h.....	67
<b>Figura 28.</b> Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.30 l/h.....	68
<b>Figura 29.</b> Curva característica caudal-presión del emisores azud premier 1.60 l/h.....	70

<b>Figura 30.</b> Curva característica caudal-presión del emisor azud premier 1.60 l/h.....	71
<b>Figura 31.</b> Curva característica caudal-presión del emisor rambo 8 l/h.....	72
<b>Figura 32.</b> Curva característica caudal-presión del emisor rambo 4.0 l/h.....	73
<b>Figura 33.</b> Curva característica caudal-presión del emisor microflaper 4.0 l/h.....	74
<b>Figura 34.</b> Curva característica caudal-presión del emisor microflaper 4.0 l/h.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tabla de caudal – presión del gotero desmontable rambo 8 l/h.....	16
<b>Tabla 2</b> Emisores no autocompensados .....	23
<b>Tabla 3</b> Emisores autocompensados .....	24
<b>Tabla 4</b> Densidad de agua a diferentes temperaturas .....	29
<b>Tabla 5</b> Coeficiente de uniformidad de gotero Azud premier 1.60 l/h.....	55
<b>Tabla 6</b> Coeficiente de uniformidad de gotero Rain Bird 2.30 l/h.....	56
<b>Tabla 7</b> Coeficiente de uniformidad de gotero rambo 8.0 l/h.....	57
<b>Tabla 8</b> Coeficiente de uniformidad de gotero rambo 4 l/h.....	58
<b>Tabla 9</b> Coeficiente de uniformidad de gotero Azud premier.....	59
<b>Tabla 10</b> Coeficiente de uniformidad de gotero Azud premier.....	60
<b>Tabla 11</b> Coeficiente de variación del gotero Azud premier 1.60 l/h.....	62
<b>Tabla 12</b> Coeficiente de variación de gotero rain bird 2.30 l/h.....	63
<b>Tabla 13</b> Coeficiente de variación de gotero rambo 8 l/h.....	64
<b>Tabla 14</b> Coeficiente de variación de gotero rambo 4 l/h.....	65
<b>Tabla 15</b> Coeficiente de variación de gotero microflapper 4 l/h.....	66
<b>Tabla 16</b> Coeficiente de variación de gotero auto compensante 3.75l/h.....	67
<b>Tabla 17</b> Resumen de las mediciones de caudales emisor azud premier 1.60 l/h.....	69
<b>Tabla 18</b> Resumen de las mediciones de caudales emisor rain bird 2.30 l/h.....	70
<b>Tabla 19</b> Resumen de las mediciones de caudales emisor rambo 8.0 l/h.....	71
<b>Tabla 20</b> Resumen de las mediciones de caudales emisor rambo 4.0 l/h.....	72
<b>Tabla 21</b> Resumen de las mediciones de caudales emisor microflapper 4.0 l/h.....	73
<b>Tabla 22</b> Resumen de las mediciones de caudales emisor katif 3.75 l/h.....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Registro de mediciones tomados en campo.....	80
<b>Anexo 2:</b> Calculo de caudales .....	99
<b>Anexo 3:</b> Análisis estadístico con el modelo t. student.....	112
<b>Anexo 4:</b> Calculo de coeficiente de uniformidad.....	117
<b>Anexo 5:</b> Calculo de Coeficiente de Variación.....	121
<b>Anexo 6:</b> Ubicación del área de estudio.....	125
<b>Anexo 7:</b> Esquema del banco de pruebas.....	128
<b>Anexo 8:</b> Catalogo de los emisores evaluados.....	141



# **EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO EN BANCO DE ENSAYO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN -CAÑASBAMBA- UNASAM - 2018**

## **RESUMEN**

La investigación experimental se realizó en el Centro de Investigación y Experimentación (CIE) de Cañasbamba, ubicada en el Distrito de Yungay, perteneciente a la Universidad Nacional Santiago Antúnez Mayolo. Tuvo como objetivo principal caracterizar hidráulicamente seis diferentes modelos de emisores auto compensados que se pueden obtener en distintas tiendas de equipos y materiales de riego que se encuentran en la ciudad de Huaraz y que son adquiridos por distintos agricultores de la zona. Para ello, se ha tenido en cuenta la norma española europea UNE-EN ISO 9261, construyéndose un banco de ensayos muy similar al que se encuentra en las instalaciones de la Universidad La Molina. Las dimensiones de este banco de prueba son de dos metros de largo por uno de ancho. Para la obtención del coeficiente de uniformidad, coeficiente de variación y ecuación del emisor se usó una muestra de 25 goteros escogidas al azar de un lote de 500 emisores/unidades sometidos a un rango de presión óptima de trabajo según lo indicaba el fabricante, la cual brinda los requerimientos funcionales y mecánicos para goteros y tuberías emisoras. De los seis modelos de goteros evaluados, los resultados indican que, los modelos de goteros azul premier 1.60 l/h, rain bird 2.30 l/h, microflaper 4.0 l/h y katiff 3.75 l/h, presentaron un coeficiente de uniformidad mayor al 90 % y un coeficiente de variación menor al 7%, sin embargo los modelos rambo de caudal 4.0 l/h y 8.0 l/h tuvieron un bajo desempeño presentando valores no óptimos.

**PALABRAS CLAVE:** Emisores, Banco de prueba, coeficiente de uniformidad, coeficiente de variación, caudal, presión.

# **“HYDRAULIC EVALUATION OF IRRIGATION ISSUERS LOCATED IN THE TESTING BANK IN THE RESEARCH AND EXPERIMENTATION CENTER -CAÑASBAMBA-UNASAM - 2018”**

## **SUMMARY**

The research was conducted at the Research and Experimentation Center (CIE) of Cañasbamba, located in the District of Yungay, belonging to the National University Santiago Antúnez Mayolo. The methodology has been to determine the hydraulic characterization of six different models of emitters that can be obtained in different stores of equipment and irrigation materials that are located in the city of Huaraz and that are acquired by different producers in the area. For this, we have taken into account the European Spanish standard UNE-EN ISO 9261, being built in a test bench very similar to that found in the facilities of the La Molina University. The dimensions of this test bench are two meters long and one meter wide. To obtain the coefficient of uniformity, coefficient of variation and equation of the emitter, use a sample of 25 droppers chosen at random from a batch of 500 emitters / units sometimes in an optimum working pressure range according to the manufacturer's indication, the which providing the functional and mechanical requirements for emitters and emitting pipes. Of the five models of drippers used, the results indicate that, the models of drippers azud premier 1.60 l / h, rain bird 2.30 l / h, microflaper 4.0 l / h and katiff 3.75 l / h, show a uniformity coefficient greater than 90 % and a coefficient of variation of less than 7%, however the rambo flow models 4.0 l / h and 8.0 l / h had a low performance presenting non-optimal values.

**KEY WORDS:** Emitters, Test bench, uniformity coefficient, coefficient of variation, flow, pressure.

## I. INTRODUCCIÓN

Los emisores permiten la salida del agua con un caudal controlado hacia el ambiente, ya sea directamente al suelo o al aire, mejorando así la eficiencia de aprovechamiento del recurso hídrico, entonces, de ellos depende la entrega de la cantidad de agua a las plantas; existe gran variedad de modelos de emisores que se comercializan en nuestro país; estas empresas comercializadoras de sistemas de riego proporcionan la información técnica de los emisores de manera incompleta y, en otros casos, valores inexactos de coeficientes de variación ( $C_v$ ), coeficientes de uniformidad ( $C_u$ ) y caudal del emisor ( $q$ ). Es por ello, que resulta de suma importancia comprobar el comportamiento hidráulico de dichos emisores, evaluando sus características bajo condiciones de laboratorio, tomando como referencia la norma oficial europea UNE EN-ISO 9261:2010 que a su vez adopta la norma internacional ISO 9261:2004 y, una de las forma ha sido construyendo un banco de ensayo de pruebas hidráulicas de emisores de riego, el mismo que se ha instalado en el CEI Cañasbamba, puesto que por medio de estas comparaciones de las características que indican tener, se podrá evaluar la calidad de los emisores en riego por goteo y garantizar el uso del escaso recurso hídrico.

En nuestro país existe ley NTP-ISO 9261:2011 (revisada el 2017), donde especifica las características mecánicas y funcionales que regulan todos los parámetros de riego por goteo; la misma que no es utilizada e incluso hasta podríamos decir que es desconocida por los especialistas involucrados en los sistemas de riego presurizado.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar hidráulicamente seis diferentes modelos de goteros comerciales según la norma UNE- EN ISO 9261 en el banco de ensayos instalado en el CIE-CAÑASBAMBA-UNASAM, con la finalidad de comparar las especificaciones dadas del fabricante de los emisores en estudio.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Diseñar y construir un banco de ensayos para evaluar el comportamiento hidráulico de los goteros Azud premier 1.60 l/h, rain bird 2.30 l/h, rambo 8.0 l/h, rambo 4.0 l/h, microflapper 4.0 l/h y katif 3.75 l/h.
- Evaluar el comportamiento hidráulico de seis goteros comerciales, determinando el coeficiente de variación ( $C_v$ ), coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ), y ecuación del emisor ( $q$ ) en el banco de ensayos
- Comparar los resultados de la mesa de ensayos con las especificaciones dadas por cada fabricante.

## **1.2. Hipótesis**

Los diferentes goteros comerciales autocompensados que se utilizan con mayor frecuencia en los sistemas de riego por goteo, no cumplen con los estándares de calidad consideradas en la NTP- 9261 Y UNE- EN ISO 9261.

## **1.3. Justificación**

- Para desarrollar una eficiente programación de riego es necesario saber los parámetros reales ( $C_v$ ,  $C_u$  y  $q$ ), en el área de trabajo, bajo unas condiciones del mismo espacio de trabajo.
- Usualmente la programación del riego se realiza con el caudal nominal de cada emisor definida por el fabricante, sin embargo, el caudal puede variar por efectos de la presión, temperatura, obturaciones (físicas, biológicas o químicas) y por fallas en el diseño de los sistemas de riego, por lo que normalmente el caudal real, difiere del

caudal nominal. Por eso es de suma importancia realizar una revisión periódica al sistema de riego, midiendo el volumen de descarga de los emisores, para de esta manera poder determinar el funcionamiento correcto del sistema, en caso difiera el resultado será necesario general la ecuación tipo potencial de los goteros evaluados. Es por esto que la determinación de los coeficientes de variación, uniformidad y caudal del emisor ( $C_v$ ,  $C_u$  y  $q$ ), toma relevancia a la hora de hacer evaluaciones.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes de la investigación

El banco de pruebas permite calcular el coeficiente de uniformidad, coeficiente de variación, la curva altura gasto, los resultados de estos cálculos nos dan a conocer el comportamiento hidráulico de los emisores ensayados, a continuación, se indican los artículos científicos referenciados para la presente investigación.

Artículo: “DESARROLLO Y CALIBRACIÓN DEL BANCO DE ENSAYO PARA EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA RURAL, HIDRÁULICA Y RIEGOS (LHIR) DE LA UPV”.

En la universidad politécnica de valencia (España), Balbastre, Sanchis, Royuela, Arviza, y Turegano (2015) afirman: Los emisores de riego localizado de acuerdo a la norma UNE EN ISO 9261, tiene unos niveles de exigencia difíciles de obtener en el caso de utilización de bancos de ensayo de emisores manuales. En el LHIR de la UPV, en base en las experiencias previas en el diseño de bancos tanto manuales como automatizados, se ha diseñado y construido un banco de emisores automatizado para poder efectuar los ensayos tal y como lo prescribe la norma. El banco ha sido diseñado para obtener un equipo compacto que ocupa poco espacio, en donde está completamente automatizado el funcionamiento todos los elementos del banco, desde los actuadores, hasta la lectura de sensores, permitiendo el registro continuo de los parámetros de ensayo y garantizando que estos se mantienen dentro de los valores marcados por la norma (p.2). Los resultados obtenidos son: la obtención del caudal de cada emisor se obtiene por gravimetría. Antes de cada ensayo se calibran las 25 células de carga, con pesos de hasta 6 kg, obteniendo las rectas de calibrado correspondiente. Se introduce una tara para realizar las medidas en el rango de mayor precisión de las células de carga. también, Un aspecto muy importante para de la determinación precisa del peso recogido en las tolvas, es cortar el flujo del agua y dejar que la célula de carga se estabilice. Para ello el banco dispone de un desviador neumático con canales para cada emisor, de forma, que una vez se ha alcanzado el peso objetivo en la tolva, se desvía el flujo al canal de desagüe, permitiendo la estabilización en la pesada. El autor concluye que sea un banco automatizado y controlado vía remota, elimina las limitaciones

en la duración del tiempo del ensayo, aspectos muy interesantes en los goteros de bajo caudal y emisores antidrenantes. El banco permite el ensayo de emisores antidrenantes. La norma vigente exige un control de la presión en las etapas antidrenantes muy difícil de conseguir de forma manual, pero que si es factible en este banco.

#### Artículo: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE DOCE MODELOS DE GOTEROS DE BAJO CAUDAL”

En la Universidad Nacional Agraria la Molina (Perú), Pastor y Narro (2014) Mencionan: El objetivo fue determinar el coeficiente de variación y las curvas caudal-presión de 12 modelos de goteros. Las mangueras fueron evaluadas en un banco de pruebas que consta de una estructura de soporte que sostiene a la bandeja de captación. Las dimensiones son 2,0 m de largo por 1,0 m de ancho y la estructura de conducción de 0,45 m de largo por 1,0 m de ancho. Presenta 6 salidas con tres roscadas hembras de PVC de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para tubos de 16 mm. La evaluación de las líneas emisoras se realizó para 8 goteros autocompensados y 4 no compensados. Para la obtención del coeficiente de variación se utilizó una muestra de 30 goteros sometidos a un rango intermedio de regulación de presión para los autocompensados y de 1,0 bar de presión nominal para los otros. Las curvas características se determinaron a partir de una muestra de 4 goteros sometidos desde presión cero hasta 1,2 de la presión máxima, con tres repeticiones y a una temperatura del agua de  $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Todas las evaluaciones se realizaron según la segunda edición de la norma ISO 9261 del año 2004 (p.338). Mostrando los principales resultados: La mayoría de los emisores probados estuvieron dentro del límite aceptable según la norma, es decir, menores al 7%. El que presentó un menor valor y en consecuencia una mayor uniformidad en su construcción, fue el modelo autocompensado Clicktif de 8,0 l/h con 2,16%. En contrapartida el modelo con un mayor valor fue la línea emisora no compensada modelo Tifdrip 2.0, con 12,45%. Los valores de coeficiente de variación de los emisores restantes fluctuaron entre 2% y 4%. Para el modelo Topdrip, que presentó una diferencia significativa entre el caudal hallado y el nominal, se halló un coeficiente de variación de 3,44%, lo cual da un indicativo de las altas descargas que tendrá una muestra de este lote entre emisor y emisor, debido al bajo valor de este coeficiente. Finalmente, en 8 de los 12 modelos de emisores (todos compensados), los coeficientes del gotero (K) tuvieron valores cercanos a los valores del caudal nominal y los 4 emisores restantes (no compensados) presentaron valores inferiores al caudal teórico. También muestra las conclusiones de su investigación: Los emisores evaluados presentaron un flujo turbulento y autocompensado. La mayoría de los emisores probados estuvieron

dentro del límite aceptable del CV según la norma ISO 9261 (menores al 7%). El modelo que superó este valor límite fue la línea emisora no compensada modelo Tifdrip ( $q_n = 2,0$  l/h), el cual presentó un valor de 12,45%, que supera a los demás emisores compensados evaluados y una diferencia significativa entre la curva teórica y práctica. Los signos del exponente del gotero de los modelos evaluados indican la relación de proporcionalidad entre las dos variables intervinientes: caudal y presión. En 5 de los 12 modelos se obtuvo un coeficiente con signo positivo, lo cual indica una relación directa entre el caudal y presión en sus respectivas curvas características, y viceversa en los restantes modelos de goteros. Según las evaluaciones estadísticas, para un nivel de confianza del 95%, efectuadas para cada uno de los emisores, solamente los emisores Clicktif 2.0 y Tifdrip 2.0 presentan un valor medio del caudal igual a lo publicado en los catálogos de los fabricantes; en los 10 modelos restantes, el valor medio del caudal de los goteros no es igual a lo publicado en los catálogos de los fabricantes.

#### Artículo: “EVALUACIÓN DE GOTEROS UTILIZADOS EN MICRO IRRIGACIÓN EN COLOMBIA”

En la Universidad Nacional de Colombia (Colombia), Vélez, J. E., Camacho, J. H., y Álvarez, J. G. (2014). Plantea: La evaluación de 23 tipos de emisores o goteros que se encuentran en el mercado colombiano y se les determinó: el coeficiente de variación (CV); la variación del caudal medio comparado con el caudal nominal; las dimensiones de los pasajes y de sus partes constitutivas; la sensibilidad a la presión; el tipo de material y la resistencia a la presión hidrostática. Concluyendo que las diferencias significativas encontradas en el CV y las variaciones de caudal indican que en el mercado se encuentran todo tipo de goteros, de buena, regular y mala calidad, concluyendo: Es importante saber la manera de identificarlos y conocer las características y propiedades, lo que permite la selección de un buen emisor (p.186).

#### Artículo: “EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN CUATRO EMISORES DE RIEGO USANDO FILTRACIÓN GRUESA DE FLUJO ASCENDENTE EN CAPAS”

En la Escuela de Ingeniería de Antioquia (Colombia) Loba, J., Ramírez, S., y Díaz, J. (2011). Mencionan el desarrollo un proyecto cuya investigación hace referencia que los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF) ofrecen ventajas comparativas frente a otros, teniendo una eficiencia alta donde los resultados mostraron que con este sistema de



filtración los emisores de riego que alcanzaron los mejores coeficientes de uniformidad fueron: microjet (94,3 %) y Lyn (93,73 %), en un periodo de 120 y 165 horas respectivamente. El sistema de riego que presentó un coeficiente de uniformidad más homogéneo durante la mayor duración de riego continuo (72 horas) fue el correspondiente al módulo con los goteros Lyn que alcanzó valores de 91,5 % (calificación buena), y el desempeño menos eficiente lo presentó la cinta de riego. (p.31), entre sus principales conclusiones: El comportamiento de los goteros con respecto al coeficiente de uniformidad indicó que el de mejor desempeño correspondió a los emisores Lyn, seguidos por los goteros autocompensados y microjet, y el de rendimiento menos eficiente correspondió a la cinta de riego. Entre los goteros evaluados la cinta de riego presentó el menor porcentaje de variación del coeficiente de uniformidad. El porcentaje de variación del coeficiente de uniformidad de los goteros ascendió en el siguiente orden: Lyn, autocompensado y microjet. El gotero Lyn obtuvo el mejor comportamiento con respecto al coeficiente de uniformidad cuando se utilizó el método de filtración FGAC. La cantidad de hierro encontrada en las soluciones de agua a la salida del filtro grueso de flujo ascendente en capas indica que existen riesgos de obturación valorados con calificación media. Esto señala que este indicador puede ser un factor directo de obturación al generar posibles incrustaciones en las tuberías, mangueras y goteros de las redes de riego, lo que altera de manera rápida el coeficiente de uniformidad de los goteros. El parámetro “Sólidos suspendidos totales” también puede considerarse como factor directo de obturación de los goteros, ya que en varios periodos de riego mostró un riesgo de obturación alto y medio, debido a que la sedimentación puede ocasionar obturación de los emisores, modificando su funcionamiento y causando variaciones en el módulo de riego y de esta manera alterando el coeficiente de uniformidad.

Tesis: “EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE SEIS CINTAS DE GOTEO EN CONDICIONES DE EL ZAMORANO”

Vargas, A. (2008) señala: La uniformidad de la distribución del agua en el riego influye directamente en el crecimiento de las plantas y en el uso de energía y aplicación de fertilizantes. El objetivo del estudio fue determinar los coeficientes de uniformidad (CU); uniformidad de distribución (UD); uniformidad en la emisión (UE); coeficiente de variación de fabricación (CVf); desviación del caudal medio (Qd) y tipo de flujo de seis marcas de cintas de goteo. La evaluación se realizó en la unidad de Maquinaria y Riego de la Escuela Agrícola Panamericana. Las marcas de cintas utilizadas fueron T-Tape, Queen Gil, Aqua Traxx, Ro Drip, Netafim, y Azudline. Así mismo se evaluaron dos cintas con uno y dos

ciclos de uso en campo de las marcas Queen Gil y T-Tape. Todas se evaluaron en condiciones de laboratorio con un sistema controlado de presiones para aforar los goteros de cada una. Cada marca operó con tres laterales con una longitud de cuarenta metros cada una con tres repeticiones; aforando noventa goteros por marca trabajando a la presión nominal. Los resultados: Se encontraron diferencias en el CU ( $P \leq 0.05$ ) en las cintas nuevas Aqua Traxx, Netafim y Queen Gil, siendo Aqua Traxx la que obtuvo el mayor CU, 98.30%. En el UD se encontró diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las cintas nuevas Aqua Traxx, Ro-Drip, Azudline, Netafim y Queen Gil. El mayor UD obtenido fue por Aqua Traxx con 97.66% que no difiere de la cinta T-Tape con un UD de 96.80%. En el UE no hubo diferencias ( $P \geq 0.05$ ) entre las cintas nuevas Aqua Traxx, T-Tape, Ro-Drip, Azudline y Netafim. Sí hubo diferencia en la marca Queen Gil, con el menor UE. Las cintas de uno y dos ciclos de uso en campo de la marca T-Tape fueron diferentes ( $P \leq 0.05$ ) en CU, UD y UE, con respecto a Queen Gil de uno y dos ciclos. El tipo de flujo de las cintas nuevas TTape, Azudline, Aqua Traxx y Netafim fue perfectamente turbulento ( $p.04$ ). concluyendo que se debe considerar la desviación de caudal medio ( $Q_d$ ) en el diseño de un sistema de riego utilizando la cinta nueva Queen Gil con un  $Q_d$  de 10.30%, porque los caudales y presiones del sistema se verán afectados, dando lugar a problemas hidráulicos que solo se manifestarán después de la instalación del sistema.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.1.1. Sistema de control de agua**

Berlijn, y Brouwer (1997) afirman:

El riego no es un fin en sí mismo, sino una medida para satisfacer las necesidades húmedas de las plantas, cuando otras medidas no logren un balance entre el agua disponible y la demanda.

Las necesidades de riego dependen del desequilibrio que existe entre el agua disponible y el agua que la planta consume. Esto sucede cuando la disponibilidad del agua es menor que los requerimientos de la planta.

El desequilibrio entre la disponibilidad y las necesidades de la planta pueden ser en otro sentido, es decir, la planta consume menos agua de la que está disponible en el suelo. En este caso, el agua se controla por medio del establecimiento de sistemas de drenaje (p.35).

### **2.1.2. Riego localizado**

Rodrigo, Hernández, Pérez y González (1992). “También denominado internacionalmente Microirrigación, es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular” (p.15).

Según Rodrigo et al. (1992) se caracteriza:

- a. No moja, en general, la totalidad del suelo aplicando el agua sobre o bajo su superficie.
- b. Utiliza pequeños caudales a baja presión
- c. Aplica el agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión, que en algunos casos puede ser alto
- d. Al reducir el volumen de suelo mojado y, por tanto, su capacidad de almacenamiento de agua, se opera con la frecuencia necesaria para mantener un alto contenido de humedad en el suelo (Riego de alta frecuencia).

Aunque pueden diseñarse sistema de riego localizado a base de modificaciones los sistemas convencionales de riego de superficie (inundación, infiltración, etc.), aquí nos referimos a instalaciones fijas a presión, que incluye una serie de variantes tales como el goteo, el riego subterráneo, la difusión y la manipulación (p.15).

### 2.1.3. Riego por Goteo

Durán, F. (2012) afirma: “Un sistema de riego por goteo es aquel por medio del cual se aplica agua filtrada y soluciones fertilizantes, dentro o sobre el suelo, directamente a cada planta de forma individual, mediante emisores (goteros)” (p. 244). También Arviza, J. (2015) menciona que: “Se denomina así cuando el agua se suministra a la planta mediante dispositivos que arrojan el agua gota a gota con un caudal inferior a 20 l/h” (p.5).

#### 2.1.3.1. Ventajas e inconvenientes del sistema

Las ventajas y desventajas del riego por un sistema de goteo Según Arviza, J. (2015) menciona:

Ventajas:

1. **Explotación más fácil** (no estorba otras labores)
2. **Disminución del trabajo** (hay economía de mano de obra respecto a otros sistemas de riego)
3. **Control de agua y abono aplicados** (se puede fijar de manera muy precisa la cantidad de agua y abono al no existir pérdidas en las condiciones)
4. **Lucha más fácil contra malas hierbas y enfermedades** de los cultivos
5. **Posible utilización de aguas salinas.** (Al concentrarse las sales disueltas en el agua de riego, fuera de la zona de absorción de raíces, siempre y cuando se aplique una fracción de agua para lavado.)
6. **Mejor utilización de los suelos difíciles** los suelos muy pesados (arcillosos) con velocidades de infiltración de 2 a 4 mm/hora son difíciles de regar por aspersión. Por otra parte, los arenosos no pueden regarse con técnicas de riego por superficie, pues provocaría pérdidas muy elevadas por percolación profunda. (p.6)

Arviza, J. (2015) también menciona los Inconvenientes

1. **Facilidad de obturación de emisores. Esto puede ser debido a tres causas:**
  - Físicas: obturación por partículas inorgánicas.
  - Biológicas: materia orgánica, algas, elementos bacterianos
  - Químicas: precipitación de fertilizantes, carbonatos, etc.
2. **Salinización:** si no se toman ciertas medidas las sales pueden acumularse en ciertas zonas, particularmente en la periferia del volumen de suelo humedecido y una ligera lluvia puede arrastrar las sales en profundidad a la zona radicular causando serios daños en los cultivos con enraizamiento superficial.

3. **Desarrollo radicular demasiado limitado.** Esto se solventa con un adecuado diseño agronómico.
4. **Necesidad de manejo adecuado.** Necesidad de personal cualificado para manejar el sistema (p.7).

#### **2.1.4. Componentes básicos de un sistema de riego localizado**

El sistema de riego por goteo cuenta con los siguientes componentes:

##### **2.1.4.1. Fuentes de abastecimiento de agua.**

Según Blair (1979). "El agua para el riego por goteo puede tener cualquier origen (río, acequia, pozo). Lo importante es que el agua esté libre de sólidos en suspensión, que tenga baja concentración de bacterias y que su concentración de sales esté dentro de los límites de tolerancia aceptable para el riego por goteo" (P.15).

##### **2.1.4.2. Cabezal de Riego.**

Durán, F. (2012) Afirma:

Por lo general, el cabezal de control se ubica al lado de la fuente de agua, contiene:

- Unidad de bombeo, que extrae el agua desde la fuente
- Válvulas, que controlan el flujo del agua
- Unidad de inyección de fertilizantes.
- Manómetros.
- Controles automáticos.
- Controles de presión.
- Filtros, necesarios para facilitar la operación de riego por goteo
- Tablero eléctrico, en caso que la bomba sea accionada por energía eléctrica (p.247).

Así mismo Durán, F. (2012) menciona:

La aplicación de agua por medio de métodos presurizados, requiere de la instalación de diferentes equipos y accesorios, que se encuentran ubicados en el cabezal de control. Es recomendable que este sector esté protegido de una caseta o malla perimetral con el propósito de evitar robos o daños por animales. (p.248).

#### **2.1.4.3. Red de Conducción y Distribución:**

Blair, E. (1979). Menciona:

Esta red está básicamente constituida por una tubería principal, provista a veces con tuberías auxiliares, y tuberías laterales de distribución, dotadas con sus respectivos emisores o goteros. Los materiales de los tubos más utilizados son el PVC y el polietileno. Los tubos son relativamente rígidos. Debido a que el PVC es susceptible de deformaciones y deterioro por efecto de los agentes meteorológicos, las tuberías de este material se usan principalmente como principales enterrados. Los tubos de polietileno de densidad media, pigmentado con negro de humo, son los más corrientemente utilizado como laterales de distribución. Son menos sensibles al deterioro o la deformación por los agentes externos. Por ello, se colocan sobre la superficie del terreno, o cual facilita su inspección. (p.19).

#### **2.1.4.4. Válvulas de aire**

Durán, F., M. (2012) afirma:

Las válvulas de aire tienen por función permitir la salida del aire que queda atrapado en el sistema de riego, como también, permitir la entrada del aire a las tuberías, cuando el flujo de agua se detiene, con el propósito de evitar la succión. Deben ubicarse después de la bomba y en el punto en que las tuberías matrices tengan cambios de pendiente. Si no se colocan estas válvulas, y al no eliminarse el aire se distorsionará la presión y los caudales de funcionamiento del sistema y, hasta podría provocarse la rotura de tuberías.

Por lo general están formados de un cuerpo plástico o metálico, en cuyo interior existe una boya, tapando la salida, pero si existe una acumulación de aire, al disminuir la presión, la boya desciende y lo deja escapar, en cuyo momento se recupera la presión y vuelve a cerrar la salida (p.253).

#### **2.1.5. Goteros o Emisores**

Durán, F., M. (2012) menciona:

Los goteros son estructuras que disipan la presión que trae el agua dentro de la tubería lateral, permitiendo la salida del agua en forma de gotas; funcionan a bajas presiones (1 kg/cm<sup>2</sup>) y aplican un pequeño caudal (de 2 a 16 l/h) en el mercado se pueden encontrar con diferentes tipos de goteros. Para definir un tipo de gotero se puede atender a distintas clasificaciones (p.255).

Arviza, J. (2015) afirma que los emisores:

Son dispositivos a través de los cuales sale al exterior el agua que circula por las tuberías laterales.

Los emisores deben proporcionar un caudal bajo, de manera que las tuberías que los alimenten sean de diámetro reducido. Por otra parte, la presión de funcionamiento de los emisores no debe ser muy baja a fin de minimizar los efectos sobre la uniformidad de riego tienen los desniveles de terreno y la pérdida de carga a lo largo de las terciarias y laterales, no deben ser muy elevada la presión a fin de disminuir al máximo los costes energéticos, para el caso de emisores no compensantes la presión normal de funcionamiento suele ser de unos 10 m.c.a. En el caso de los microaspersores y difusores está puede variar entre 10 y 30 m.c.a

Es importante que el mínimo diámetro de paso del emisor sea lo mayor posible con objeto de evitar obturaciones (p.9).

#### ***2.1.1.1. Emisores auto compensantes***

Según Durán, F., M. (2012).

En estos emisores la presión de salida de agua de riego es prácticamente constante a lo largo del ramal gracias a un sistema de regulación de presión que tiene en su interior. Este sistema consiste en una membrana que varía el tamaño del conducto del interior del emisor en función de la presión de la tubería que distribuye el agua de riego. Son más caros, pero su uso suele estar justificado en condiciones de grandes pendientes o laterales muy largos, que ocasionan fuertes diferencias de presión entre los diferentes emisores. (p.256).

Según Arviza, J. (2015).

- Teóricamente deseables.
- Problemas de envejecimiento de elastómero (elemento regulador).
- CV no muy bajo.
- Caudal constante al variar la presión dentro de un rango (0.5 – 35 m.). (p.18).

### **2.1.1.2. principales características que definen un emisor:**

Durán, F., M. (2012) menciona:

**Caudal nominal:** El que suministra el gotero a la presión nominal. Suele estar comprendido entre 2 y 4 l/h (en hortalizas), aunque puede llegar hasta valores de 16 l/h en otros cultivos.

**Presión nominal (Pn):** Es la presión para la que se ha diseñado el emisor y que suele ser de 10 m.c.a. en goteros autocompensantes la Pn se distribuye por el rango de presiones de funcionamiento.

**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 de temperatura del agua. (p.256)

### **2.1.1.3. Descripción de los emisores probados en el laboratorio**

- **Gotero Azud Premier 1.60 l/h:** Es el emisor autocompensate de AZUD, con modelos antisifón (AS) y antidrenante (CNL). El gotero AZUD premier garantiza un caudal uniforme independientemente de la presión, la máxima resistencia a la obturación y el mejor rendimiento durante toda su vida útil. AZUD premier está destinado a riego de cultivos intensivos, a explotaciones con cultivos arbóreos, a riego subterráneo y a riego en invernadero, con la calidad de siempre de AZUD



**Figura 1:** Gotero Azud Premier 1.6 l/h.



- **Gotero Rin Bird 2.40 l/h:** La tecnología para riego por goteo sub superficial es la última innovación en la familia Rain Bird Xerigation. El Copper Shield, pendiente de patente de Rain Bird, protege al emisor de la intrusión de las raíces, creando un sistema de riego por goteo sub superficial duradero y de bajo mantenimiento para su uso en áreas de césped o arbustos y cubiertas del suelo. La línea de goteo XFS con Copper Shield es perfecta para áreas de siembra pequeñas, estrechas y, así como áreas con curvas cerradas o césped de cualquier tamaño. Acepta accesorios de compresión Rain Bird Easy Fit, accesorios de inserción de púas XF Dripline y otros accesorios de inserción de púas de 17 mm.

#### **Especificaciones:**

- Presión: 0.59 a 4.14 bar
- Caudal: 2.30 l/h
- Temperatura de agua: hasta 38 °C, ambiente hasta 52 °C
- Filtración necesaria: 125 micras.

#### **Dimensiones:**

- Diámetro Exterior: 16.1 mm.
- Diámetro interior: 13.6 mm.
- Grosor mínimo: 1.2 mm.
- Separación: 33 cm.



**Figura 2:** Gotero Rain Bird 2.4 l/h.

- **Gotero Desmontable Rambo 8 L/h:** Gotero desmontable, con un laberinto autocompensado que genera un flujo anti obstrucción. Cuerpo de polipropileno, membrana de silicona.

En su salida dispone de adaptador para micro tubo de 4,5 mm. interior.

**Características:**

- Diafragma de goma siliconada que asegura un trabajo consistente por un periodo más largo.
- Entrada angosta en forma de cruz que actúa como filtro.
- Diseño de autolimpieza que asegura el lavado en todo momento durante su función.

**Tabla 1.** Relación de caudal – presión del gotero desmontable rambo 8 l/h

Tabla de Caudales					
<b>Bar</b>	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
<b>8 l/h.</b>	7,00	8,20	7,90	7,80	7,80

Fuente: catálogo de productos Orbes Agrícola.



**Figura 3:** Gotero desmontable rambo 8.0 l/h.

- **Gotero Desmontable Rambo 4 L/h:** El gotero es perfecto si lo que se busca una precisión de agua exacta en la expulsión de tu gotero. Cumple todo lo necesario para poder trabajar tanto en el sector de jardinería (viveros, invernaderos, regaderas...) como en largas prolongaciones para uso agrícola. Está fabricado con materiales de primera calidad para brindar una vida útil prolongada.

Gotero autocompensante desmontable para su limpieza, recomendado para terrenos ondulados y pendientes escarpadas.

**Características:**

- Caudal: 4 Litros/hora
- Presión de trabajo: 1.5 atm.
- Diafragma de goma siliconada que asegura un trabajo consistente por un período más largo.
- Entrada angosta en forma de cruz que actúa como filtro.
- Diseño de autolimpieza que asegura el lavado en todo momento durante su función.



**Figura 4:** Gotero desmontable rambo 4 l/h.

- **Gotero de botón MicroFlapper:** El MicroFlapper es un emisor de bajo caudal de una salida; compensando la presión de auto limpiado, las pequeñas partículas de la línea cada vez el sistema se detiene

**Características:**

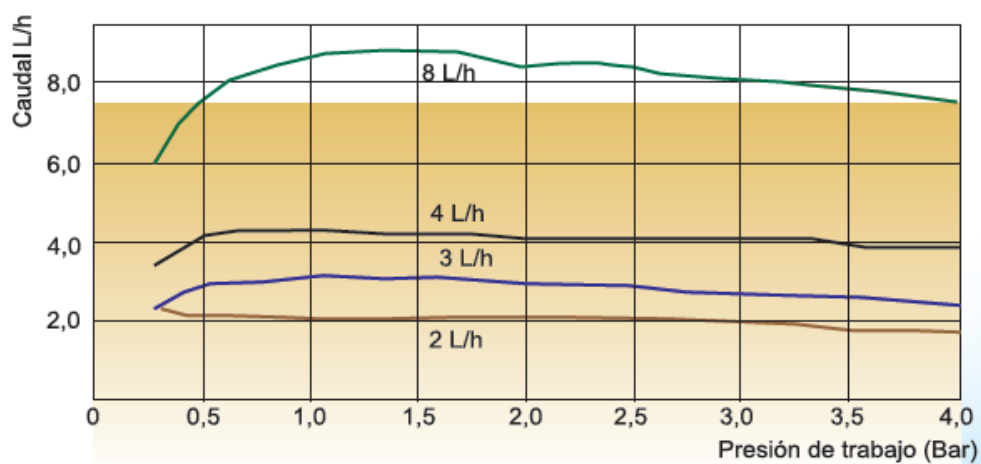
- Diseñado para viñedos, frutales, flores y en camas de plantación cubiertas.
- El diafragma del emisor está construido a partir de silicona, el cual permite un flujo uniforme a través de un rango amplio de 0,6 Bar a 4,0 Bares de presión.
- Entrada y salida espiga de 4,7 mm x 3,2 mm respectivamente.
- Una vez instalado presenta un muy bajo perfil sobre la línea, reduciendo la probabilidad de daños por manipulación.
- Requiere un sistema de filtrado de al menos 150 mesh.

## Diagrama de acción de MicroFlapper

El diagrama patentado de MicroFlapper es el responsable de la acción de autocompensación del emisor y también permite el lavado automático (limpieza) del mismo. El orificio está ampliamente abierto y permite el lavado hasta que el sistema completa la presurización.

Luego se cierra a su posición de regulación. Esta acción se repite cuando se apaga el sistema. El orificio se abre y así las partículas atrapadas son expulsadas.

La operación frecuente del sistema de riego utiliza mejor esta acción de auto limpieza.



**Figura 5:** Curvas de descarga del gotero MicroFlapper



**Figura 6:** Gotero MicroFlapper

- **Gotero Katif – Autocompensante:** El gotero en línea autocompensante Katif brinda varias funciones fundamentales, entre ellas, un mecanismo autolimpiante, baja silueta y diafragma de regulación de caudal muy preciso. Si se combinan todas estas funciones, el gotero en línea Autocompensante katif puede utilizarse en condiciones topográficas desafiantes y laterales de larga longitud sin problemas. Y debido a que el gotero en línea autocompensante Katif de está fabricado con materias primas de alta calidad, es resistente a la degradación causada por los rayos UV y a los productos químicos y fertilizantes que comúnmente se usan en la agricultura.

**Especificaciones:**

- Caudales: 2,3, 3,75, 8,4 l/h
- Rango de presión de trabajo: De 0,8 a 3,0 bar
- Disponible pre insertado en tuberías PE de 16 a 20 mm, con cualquier espaciamiento requerido; o suelto para instalarlo en el sitio.
- Dos versiones de salida de agua: Salida superior: evita las pérdidas de agua en la línea de goteo; Salida lateral: sin chorros de agua sobre la línea de goteo
- Instalación: Con una herramienta para perforar de 2,8 mm.



**Figura 7:** Gotero katif - autocompensante

#### 2.1.1.4. Clasificación de goteros

Pizarro, F. (1996). los emisores se clasifican en:

**Cuadro 1** Clasificación de emisores

Emisores de bajo caudal(goteros):	Goteros dichos	propiaemente	De largo conducto	Micro tubos
q < 16 l/h	Mangueras		De orificio	helicoidales
	Cinta de exudación		Vortex	de laberinto
Emisores de alto caudal 16 l/h < q < 150 l/h			Autocompensantes	
		Micro aspersores		
		Difusores		
		Microtubos de alto caudal		

Fuente: Riego Localizado de alta frecuencia, Pizarro, 1996 (p.243).

#### 2.1.2. Aspectos Hidráulicos de Goteros

El agua atraviesa el emisor pasado varios conductos. Las longitudes, configuraciones y secciones de éstos, determinarán el comportamiento hidráulico del emisor.

Arviza, J. (2015). “Los emisores, dependiendo del tipo, pueden trabajar a régimen laminar o turbulento. El régimen hidráulico del emisor se define en función al número de Reynolds”. (p.9)

##### 2.1.2.1. Número de Reynolds

Pizarro (1996). Afirma:

En todo fluido en circulación existe fuerzas de inercia (según la ley de Newton, masa x aceleración) y unas fuerzas de rozamiento interno entre las partículas de fluido. La relación entre ambas fuerzas de rozamiento interno entre las partículas del fluido. La relación entre ambas fuerzas es un número adimensional, y en 1883 Osborne Reynolds comprobó que ese número permitía definir el régimen hidráulico (p.234)

$$Re = \frac{dv}{\mu}$$

Donde:

d: diámetros en metros.

v: velocidad del agua en m/sg.

$\mu$ : viscosidad cinemática del agua en m<sup>2</sup>/sg.

$$\mu = \frac{\eta}{\rho}$$

$\eta$ : viscosidad dinámica del agua en kg/m.sg

$\rho$ : densidad del agua en kg/m<sup>3</sup>

### **2.1.2.2. Relación caudal – presión.**

El caudal que descarga un emisor está relacionado con la presión hidráulica existente a su entrada, por la siguiente ecuación.

Según Norma AENOR (2010) afirma:

La relación entre el caudal, q, en litros por hora, y la presión de entrada en el emisor/tubería emisora, p, en kilo pascales, viene dada por la fórmula:

$$q = kxp^m$$

Donde:

- k es una constante;

- m es el exponente de descarga. (p.15)

La misma norma AENOR (2010) afirma: Utilizando los valores de q y p, se calcula el exponente de descarga, m, a partir de la siguiente fórmula:

$$m = \frac{\sum(\log p_i)(\log \bar{q}_i) - \frac{1}{n}(\sum \log p_i)(\sum \log \bar{q}_i)}{\sum(\log p_i)^2 - \frac{1}{n}(\sum \log p_i)^2}$$

- i es 1,2,3...n;

- $n$  es el número de valores de presión usados en los apartados 9.2.2 ó 9.2.3;
- $q$  es el caudal medio, en litros por hora;
- $p$  es la presión a la entrada del emisor, en kilopascales.
- Para emisores/tuberías emisoras compensantes, el valor del exponente de descarga,  $m$ , no debe exceder de 0,2.
- El exponente calculado no debe diferir de las especificaciones del fabricante en más de un  $\pm 5\%$ .

**NOTA:** La constante  $k$  del emisor/unidad emisora, se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$k = \exp \left[ \left( \frac{\sum \ln q_i}{n} \right) - \frac{m \sum (\ln p_i)}{n} \right]$$

Donde

- $i$  es 1,2,3... $n$ ;
- $n$  es el número de valores de presión.
- $q_i$  es el caudal medio, en litros por hora;
- $p_i$  es la presión a la entrada del emisor, en kilopascales;
- $n$  es el emisor/unidad emisora (p.16)

Para comprobar la bondad de ajuste se puede obtener, el coeficiente de determinación mediante la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{\ln k_d (\sum \ln q_i) + \sum \ln p_i + \frac{1}{n} (\sum \ln q_i)^2}{(\sum \ln q_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \ln p_i)^2}$$

Cuando más se aproxime el valor de  $r^2$  a la unidad, mejor será el ajuste obtenido Pizarro (1996). El coeficiente de descarga  $m$  es una medida de la sensibilidad de los emisores a la variación de presión. En el Cuadro 2 se muestran algunos valores de  $m$ .



**Cuadro 2** Valores de m

<b>coeficiente de descarga de emisores</b>	<b>emisor</b>
- De régimen laminar	1
- Microtubos	0.75 – 1
- Helicoidal	0.65 – 0.75
- De régimen turbulento (orificio, de laberinto)	0.5
- Vortex	0.4
- Autocompensante	0 – 0.4
- teórico perfectamente auto compensante	0

Fuente: Riego Localizado de alta frecuencia, Pizarro, 1996 (p.238)

**Cuadro 3** En función del exponente de descarga x los emisores se clasifican en:

<b>Tipo del emisor</b>	<b>Exponente de descarga x</b>
de régimen laminar	1
microtubos	0.65-1
helicoidales	0.65-0.75
de régimen turbulento	
de orificio	0.5
de laberinto	0.5
Vortex	0.4
autocompensantes	0-.3

Fuente: Riego Localizado, Arviza, 2015

### 2.1.3. Sensibilidad A Las Variaciones De Presión

El coeficiente de descarga x es una medida de la sensibilidad de los emisores a las variaciones de presión CEMAGREF ha establecido una clasificación de emisores en función de dicha sensibilidad

**Tabla 2** Emisores no autocompensados

<b>valores de x</b>	<b>0.2 - 0.5</b>	<b>0.5 - 0.6</b>	<b>0.6 -0.8</b>	<b>&gt;0.8</b>
clase	MT	T	PT	MPT

Fuente: Riego Localizado de alta frecuencia, Pizarro, 1996 (p.240)

MT: Muy tolerantes

T: Tolerantes

PT: Poco tolerantes

MPT: Muy poco tolerantes

**Tabla 3** Emisores autocompensados

valores de x	0-0.05	0.05 - 0.1	0.1 - 0.15	0.15 - 0.2	>0.2
clase	MB	B	P	M	MPT

Fuente: Riego Localizado de alta frecuencia, Pizarro, 1996 (p.240)

MB: Tolerancia muy buena

B: tolerancia buena

P: tolerancia pobre.

M: tolerancia mala

MM: tolerancia muy mala

Según Pizarro (1996), La sensibilidad a las obstrucciones en riesgo de obturación de un emisor depende del diámetro mínimo de paso y la velocidad de agua. Los diámetros son menores en los emisores de bajo caudal que en los de alto caudal. En aquellos pueden variar entre 0.3 mm y algo más de 1 mm. Un caso extremo es el de las cintas de exudación, en el que las perforaciones son de tamaño microscópico. En los de alto caudal, microaspersores y difusores, los diámetros pueden llegar a ser mas de 2 mm, con lo que el riesgo a obturación es mucho menor (p.240).

#### **2.1.4. Uniformidad de Riego**

Pizarro, F. (1996). Señala que la uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño, tanto en el agronómico, como el hidráulico. Niveles altos de uniformidad, incidirán notablemente en la eficiencia de riego, ya que de esta depende el agua que se suministra a unas plantas y a otras, lo que repercutirá en los rendimientos de manera significativa (p.397).

**Cuadro 4** Valores Recomendados de coeficiente de uniformidad

<b>Emisores</b>	<b>Pendiente</b>	<b>CU clima árido</b>	<b>CU clima Húmedo</b>
Asociados a más de 4 m en cultivos Permanentes	Uniforme (i<2%)	0,90-0,95	0,80-0,85
	Uniforme u ondulada (i>2%)	0,85-0,90	0,75-0,80
Asociados a menos de 2,5 m en cultivos permanentes o semipermanentes	Uniforme (i<2%)	0,85-0,90	0,75-0,80
	Uniforme u ondulada (i>2%)	0,80-0,90	0,70-0,80
Mangueras o cintas de exudación en cultivos anuales	Uniforme (i<2%)	0,80-0,90	0,70-0,80
	Uniforme u ondulada (i>2%)	0,70-0,85	0,65-0,75

Fuente: Riego Localizado de alta frecuencia, Pizarro, 1996 (p.399)

Para evaluar la eficiencia de riego en el sistema de riego, se determina el C.U. con el criterio de evaluación propuesto por (Pizarro, 1996), que se define con la siguiente expresión:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_a}$$

Donde:

CU: Coeficiente de Uniformidad

$q_{25\%}$ : caudal medio medido por el 25% de los emisores que reciben menos caudal en la prueba

$q_a$ : Caudal medio de los emisores evaluados en la prueba de campo (p.400).

#### **2.1.4.1. Factores que afectan la uniformidad**

Los principales factores que afectan a este factor son los siguientes:

- Constructivos.
- Temperatura.
- Diseño del emisor.
- Material de fabricación.

### a. Coeficiente de variación de fabricación

Medina (1981). Menciona que todo proceso industrial es imperfecto; por lo tanto, el producto elaborado experimenta variaciones, aunque siempre comprendida entre márgenes que se consideren tolerables.

La medición de este coeficiente de variación se basa fundamentalmente en la diferencia de caudales entregados por los emisores, de la misma marca y modelo, a una misma presión de trabajo.

AENOR (2010), menciona: “Se mide el caudal de los emisores/tuberías emisoras para una presión a la entrada igual a la presión nominal de ensayo. Se registra el caudal medido de forma independiente para cada emisor/unidad emisora” (p.14). Se calcula el coeficiente de variación,  $C_v$ , con la siguiente fórmula:

$S_q$  es la desviación típica de los caudales de la muestra, en litros por hora;  $\bar{q}$  es el caudal medio de la muestra, en litros por hora.

$$C_v = \frac{S_q}{\bar{q}} \times 100$$

Pizarro, F. (1996). Menciona Para caracterizar uniformemente de un grupo de emisores se ha establecido el *coeficiente de variación de fabricación*, CV, Una norma ISO establece dos categorías de emisores

*Categoría A*: emisores de  $CV < 0.05$

*Categoría B*: emisores de  $0.05 < CV < 0.10$

CEMAGREF citado por Pizarro, F. (1996). Clasifica los coeficientes de variación de la siguiente manera.

**Cuadro 5** Valores Recomendados de coeficiente de Variación

CV	< 0.05	0.05 - 0.10	0.10 - 0.15	> 0.15
Clase	Muy buena	Buena	Regular	Mala

Fuente: Riego Localizado de alta frecuencia, Pizarro, 1996 (p.262).

Pizarro (1996) menciona:

El fabricante deberá poner a disposición del usuario, o juntamente con los emisores, información por estricto que contenga los siguientes datos:

1. Número de catálogo del emisor.
2. El texto “uniformidad categoría A” o “uniformidad categoría B2 según corresponda, y el valor del Coeficiente de variación de fabricación (CV).
3. El tipo de tubería aconsejable para el empleo del emisor.
4. Sistema de conexión del emisor a la tubería.
5. Dimensión mínima de paso del agua del emisor.
6. Caudal nominal.
7. Presión nominal de ensayo.
8. Intervalo de presiones de funcionamiento.
9. Intervalo de auto compensación (si corresponde).
10. Curva caudal – presión.
11. Ecuación del emisor
12. Instrucciones para la conexión del emisor a la tubería
13. Instrucciones de la limpieza y sustitución del emisor
14. Instrucción para la prevención de obturación del emisor
15. Limitaciones de uso del emisor (fertilizantes, productos químicos, etc.)
16. Necesidades de filtrado.
17. Mantenimiento y condiciones de almacenaje.
18. Caudal nominal en proceso de lavado (si corresponde).
19. Longitud equivalente en metros de la tubería de la pérdida de carga singular originada por la conexión del emisor al ramal de riego (p.263).

#### *2.1.4.1.1. Temperatura*

Medina (1981), explica la variación de descarga en goteros a causa de la temperatura por el efecto de ésta sobre dos parámetros:

#### *2.1.4.1.2. Diseño del emisor*

Pizarro, F. (1996). El diseño del emisor puede ser tal que trabaje en régimen laminar y que, por lo tanto, dependa de la viscosidad del líquido. Como este también varía con la temperatura, entonces el caudal también se ve afectado.

Esto lo explicamos, a continuación, mediante la relación que existe entre la temperatura, viscosidades cinemáticas y el número de Reynolds (Re.)

Re, es un número adimensional que dado por una relación entre las fuerzas de inercia de la circulación de un fluido y de las fuerzas de rozamiento interno de las partículas del fluido

#### 2.1.4.1.3. *Material de fabricación:*

La temperatura afecta al material que está fabricado el emisor, produciendo variaciones en el tamaño de la salida y, por lo tanto, en el caudal.

#### 2.1.5. **Densidad**

La densidad es la relación entre la masa y el volumen

$$D = m/V$$

Mott y Untener (2015), define:

que V es el volumen de la sustancia que tiene una masa m. Las unidades de densidad son kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) en el SI y slugs por pie cúbico (slugs/ft<sup>3</sup>) en el sistema de uso común en estados unidos.

La densidad es la cantidad de masa presente por cada unidad de volumen de una sustancia. (p.11)

**Tabla 4** Densidad de agua a diferentes temperaturas

	<b>Peso específico</b>	<b>Densidad</b>	<b>Viscosidad dinámica</b>		<b>Viscosidad cinemática</b>	
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>(Kg/m3)</b>	<b>(kg/m3)</b>	<b>(pa-s)</b>		<b>(m2/s)</b>	
0	9.81	1000	1.75	x10 <sup>-3</sup>	1.75	x10 <sup>-6</sup>
5	9.81	1000	1.52	x10 <sup>-3</sup>	1.52	x10 <sup>-6</sup>
10	9.81	1000	1.30	x10 <sup>-3</sup>	1.30	x10 <sup>-6</sup>
15	9.81	1000	1.15	x10 <sup>-3</sup>	1.15	x10 <sup>-6</sup>
20	9.79	998	1.02	x10 <sup>-3</sup>	1.02	x10 <sup>-6</sup>
25	9.78	997	8.91	x10 <sup>-4</sup>	8.91	x10 <sup>-7</sup>
30	9.77	996	8.00	x10 <sup>-4</sup>	8.00	x10 <sup>-7</sup>
35	9.75	994	7.18	x10 <sup>-4</sup>	7.18	x10 <sup>-7</sup>
40	9.73	992	6.51	x10 <sup>-4</sup>	6.51	x10 <sup>-7</sup>
45	9.71	990	5.94	x10 <sup>-4</sup>	5.94	x10 <sup>-7</sup>
50	9.69	988	5.41	x10 <sup>-4</sup>	5.41	x10 <sup>-7</sup>
55	9.67	986	4.98	x10 <sup>-4</sup>	4.98	x10 <sup>-7</sup>
60	9.65	984	4.60	x10 <sup>-4</sup>	4.60	x10 <sup>-7</sup>
65	9.62	981	4.31	x10 <sup>-4</sup>	4.31	x10 <sup>-7</sup>
70	9.59	978	4.02	x10 <sup>-4</sup>	4.02	x10 <sup>-7</sup>
75	9.56	975	3.73	x10 <sup>-4</sup>	3.73	x10 <sup>-7</sup>
80	9.53	971	3.50	x10 <sup>-4</sup>	3.50	x10 <sup>-7</sup>
85	9.5	968	3.30	x10 <sup>-4</sup>	3.30	x10 <sup>-7</sup>
90	9.47	965	3.11	x10 <sup>-4</sup>	3.11	x10 <sup>-7</sup>
95	9.44	962	2.92	x10 <sup>-4</sup>	2.92	x10 <sup>-7</sup>
100	9.4	958	2.82	x10 <sup>-4</sup>	2.82	x10 <sup>-7</sup>

Fuente: Mecánica de fluidos, Mott, R. L. y Untener, J. A. (2015).

### 2.1.6. La Estadística e Investigación

Bernard (1992) menciona: “la parte elemental de la Estadística aparece cuando usted mentalmente valúa su investigación”. (p.17).

Así mismo Bernard (1992) menciona:

La investigación científica es estudio, análisis o experimentación crítica y exhaustiva cuya finalidad es el descubrimiento de nuevos hechos y su correcta interpretación. Es útil en la revisión de conclusiones aceptadas, teorías o leyes, a la luz de hechos descubiertos recientemente o aplicación práctica de tales conclusiones nuevas o revisadas. La investigación científica, por consiguiente, es la búsqueda continua del conocimiento y entendimiento; la investigación científica está compuesta de dos elementos: observación,

por la cual se obtiene el conocimiento de ciertos hechos a través de percepciones sensitivas; y razonamiento, mediante el cual se determina el significado de esos hechos, su interrelación y su relación con el verbo existente de conocimientos, en el grado que el presente estado de conocimiento y la habilidad del investigador lo permiten (p.17)

#### ***2.1.6.1. Experimento***

"Un estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas efectos), dentro de una situación de control para el investigador".

#### ***2.1.6.2. Grados de manipulación de la variable independiente***

La manipulación o variación de una variable independiente puede realizarse en dos o más grados. El nivel mínimo de manipulación es dos: presencia-ausencia de la variable independiente. Cada nivel o grado de manipulación implica un grupo en el experimento.

#### ***2.1.6.3. ¿Cómo se logra el control y la validez interna?***

El control en un experimento logra la validez interna, y el control se alcanza mediante:

1. varios grupos de comparación (dos como mínimo); y
2. equivalencia de los grupos en todo, excepto la manipulación de las variables independientes.

#### ***2.1.6.4. Varios grupos de comparación***

Es necesario que en un experimento se tengan por lo menos dos grupos que comparar en primer término, porque si nada más se tiene un grupo no se puede saber si influyeron las fuentes de invalidación interna o no. - No lo podemos saber porque no hay medición del nivel de prejuicio al inicio del experimento; es decir, no existe punto de comparación. Con un solo grupo no podemos estar seguros de que los resultados se deben al estímulo experimental o a otras razones. Los "experimentos" con un grupo se basan en sospechas o en lo que "aparentemente es", pero faltan fundamentos. Se corre el riesgo de seleccionar sujetos atípicos y el riesgo de que intervengan la historia, la



maduración, administración de prueba, instrumentaciones y demás fuentes de invalidación interna, sin que el experimentador se dé cuenta.

Por ello, el investigador debe tener al menos un punto de comparación: dos grupos, uno al que se le administra el estímulo y otro al que no (el grupo de control). Al hablar de manipulación, a veces se requiere tener varios grupos, cuando se desea averiguar el efecto de distintos niveles de la variable independiente.

#### ***2.1.6.5. Equivalencia durante el experimento***

Durante el experimento los grupos deben mantenerse similares en los aspectos concernientes al tratamiento experimental excepto en la manipulación de la variable independiente: mismas instrucciones (salvo variaciones parte de esa manipulación), lugares con características semejantes (iguales objetos en las habitaciones o cuartos, clima, ventilación, sonido ambiental, etc.), misma duración del experimento, mismo momento y en fin todo lo que sea parte del experimento. Cuanto mayor sea la equivalencia durante su desarrollo, mayor control y posibilidad de que, si observamos o no efectos, estemos seguros de que verdaderamente los hubo o no. Cuando trabajamos simultáneamente con varios grupos, es difícil que las personas que dan las instrucciones y vigilan el desarrollo de los grupos sean las mismas.

#### ***2.1.6.6. Validez del experimento***

Un experimento debe buscar ante todo validez interna; es decir, confianza en los resultados. Lo primero es eliminar las fuentes que atentan contra dicha validez. Es muy deseable que el experimento tenga validez externa. La validez externa se refiere a qué tan generalizables son los resultados de un experimento a situaciones no experimentales y a otros sujetos o poblaciones.

Factores que pueden amenazar la validez externa, los más comunes son los siguientes:

##### **a) Efecto reactivo o de interacción de las pruebas**

Se presenta cuando la pre prueba aumenta o disminuye la sensibilidad o la calidad de la reacción de los sujetos a la variable experimental, haciendo que los resultados obtenidos para una población con pre prueba no pueden generalizarse a quienes forma parte de esa población pero sin pre prueba.

#### **b) Efecto de interacción entre los errores de selección y el tratamiento experimental**

Este factor se refiere a que se elijan personas con una o varias características que hagan que el tratamiento experimental produzca un efecto, que no se daría si las personas no tuvieran esas características.

#### **c) Efectos reactivos de los tratamientos experimentales**

La "artificialidad" de las condiciones puede hacer que el contexto experimental resulte atípico respecto a la manera en que se aplica regularmente el tratamiento.

#### **d) Interferencia de tratamientos múltiples**

Si los tratamientos no son de efecto reversible; es decir, si no se pueden borrar sus efectos, las conclusiones solamente podrán hacerse extensivas a las personas que experimentaron la misma secuencia de tratamientos.

#### **e) Imposibilidad de replicar los tratamientos**

Cuando los tratamientos son tan complejos que no pueden replicarse en situaciones no experimentales, es difícil generalizar a éstas.

Para lograr una mayor validez externa, es conveniente tener grupos lo más parecidos posible a la mayoría de las personas a quienes se desea generalizar y repetir el experimento varias veces con diferentes grupos (hasta donde el presupuesto y los costos de tiempo lo permitan). También, tratar de que el contexto experimental sea lo más similar posible al contexto que se pretende generalizar.

### **2.3. Definición de términos**

Según AENOR (2010) define los términos:

- **caudal:** Tasa de emisión de un emisor/tubería emisora.
- **presión mínima de trabajo:** Presión de trabajo más baja a la entrada del emisor/tubería emisora recomendada por el fabricante para asegurar el correcto funcionamiento del emisor/tubería emisora.
- **presión máxima de trabajo:** Presión de trabajo más alta a la entrada del emisor/tubería emisora recomendada por el fabricante para asegurar el correcto funcionamiento del emisor/tubería emisora.
- **abrazadera:** Elemento en forma de banda o anillo utilizado para conseguir la estanquidad en las uniones entre la tubería emisora y las conexiones.

- **conexión:** Elemento de conexión apropiado para ser unido a una tubería emisora con o sin una abrazadera.
- **diámetro nominal:** Designación numérica utilizada para referirse al tamaño de una tubería emisora, aproximadamente igual al diámetro exterior de la tubería emisora.
- **presión nominal de ensayo,  $p_n$ :** Presión de referencia a utilizar en los ensayos, de 100 kPa a la entrada de un emisor/tubería emisora no compensante, o cualquier otra presión especificada por el fabricante.
- **caudal nominal,  $q_n$ :** Emisor/tubería emisora no compensante > caudal, expresado en litros por hora, de una unidad de emisión/unidad de tubería emisora, funcionando a la presión nominal de ensayo y a una temperatura del agua de 23 °C  $\pm$  3 °C, conforme a las especificaciones del fabricante.
- **intervalo de presiones de trabajo:** Rango de presiones de trabajo en la unidad de emisión/unidad de tubería emisora comprendido entre la presión mínima de trabajo,  $P_{min.}$ , y la presión máxima de trabajo,  $P_{max.}$ , recomendadas por el fabricante para asegurar su correcto funcionamiento.
- **exponente de descarga,  $m$ :** Valor numérico que define la relación exponencial entre el caudal y la presión.
- **espaciamiento (entre unidades de emisión):** Distancia entre dos unidades de emisión sucesivas a lo largo de una tubería emisora.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del campo experimental

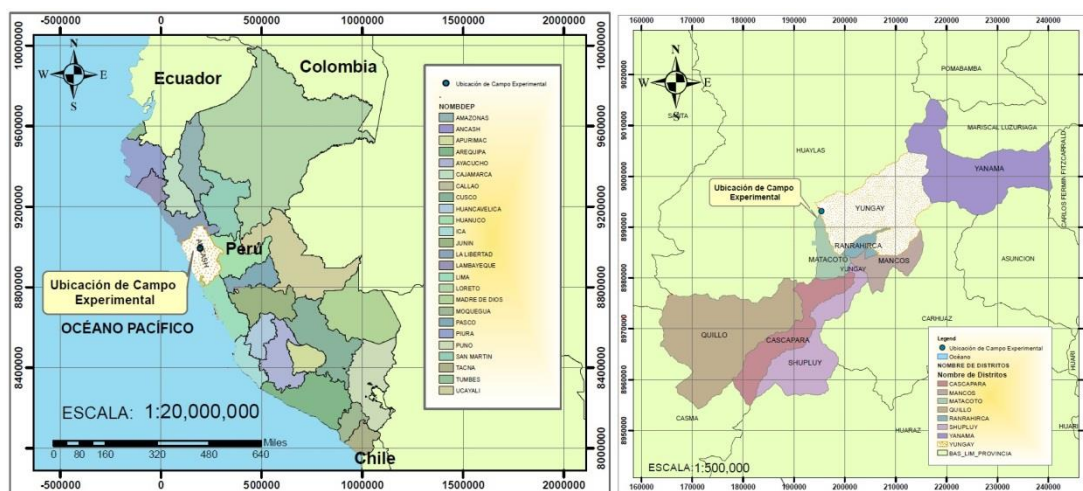
La presente investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación y experimentación Cañasbamba (CIE – UNASAM), dependiente de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, el departamento de Áncash, provincia de Yungay, distrito de Yungay, en la localidad de Cañasbamba, y tiene la siguiente ubicación:

Ubicación política:

Departamento: Ancash  
Provincia : Yungay  
Distrito : Yungay  
Localidad : Cañasbamba

La ubicación geográfica de la presente investigación es:

Latitud : 9° 05' 48" S.  
Longitud : 77° 46' 13" O.  
Altitud : 2297 m.s.n.m.



**Figura 8:** Ubicación geográfica del área en estudio

Se adjunta, plano de ubicación política y geográfica del área de estudio PL-01 y el plano del Centro de Investigación y Experimentación (CIE) Cañasbamba PL-02, (ver anexo 6)

## 3.2. Materiales

### 3.1.1. Material experimental

En la investigación el principal material empleado fueron el banco de pruebas, compuesto por estructura metálica (sirve como soporte), fuente de agua, sistema de impulsión, control de bombas, tuberías de PVC, termómetros, válvulas, manómetros, líneas de prueba compuesto por tubería de polietileno en donde se insertan los goteros, envases receptores de agua.

### 3.1.2. Materiales, herramientas, equipos e insumos

#### 3.1.2.1. Materiales de campo

- 1 bomba de agua de 3.4 hp.
- 1 válvula pvc de aire de 1".
- 1 válvula check con canastilla bronce de 1 ½".
- 1 tapón pvc ¾".
- 10 niple rosca macho pvc de ¾"
- 1 codo rosca hembra pvc ¾"
- 8 teflón para tuberías pvc.
- 1 tee pvc de 1 ½".
- 2 adaptadores pvc de 1 ½".
- 2 adaptadores pvc de ¾"
- 02 unión pvc universal ¾"
- 2 reducciones pvc de 2" - 1 ½".
- 3 filtros de anillas 130 mesh.
- 2 adaptadores pvc de 2".
- 1 tubería pvc de 1 ½".
- 3 tubería pvc de ½".
- 5 adaptadores pvc de 1/2".
- 1 reducción pvc de 1 ½" - 1".
- 1 válvula de bronce tipo compuerta de 1".
- 2 adaptadores pvc de 1".
- 1 manómetro de 6 bares.
- 1 tubos pvc de 1".
- 2 tubos pvc de ¾".

- 6 adaptadores pvc de 1".
- 6 válvulas de pvc tipo bola de 1".
- 1 manómetro de mano de 2.5 bares.
- 1 kilos de alambre galvanizado n°16.
- 1 probeta de 500 ml.
- 100 vasos de plástico de 500 ml.
- 3 válvula esférica pvc c/rosca 3/4
- 1 reducción pvc sap 3/4"x 1/2"
- 1 tee pvc sap 1.1/2"x 1.1/2"
- 1 reducción pvc 1.1/2"x 3/4
- 3 transición pvc sap 3/4 nicoll
- 4 codo pvc sap nicoll 1/2" x 90"
- 4 codo pvc sap nicoll 3/4" x 90"
- 10 tee pvc 3/4" plástica
- 100 metros de manguera pebd 16 mm c2.5 orbes drip
- 1 cinta de riego c 8 mil a 10 cm x 1.5 l/h 100 mt mago sab
- 1 abrazadera-collarín pe 25 mm x 172 sab
- 1 bushing pe 1/2" x 1/4 teffen
- 1 punto de medición color azul 1/4 "sab c drip
- 500 gotero pc y auto limpiante 2 l/h MicroFlapper
- 500 gotero pc y auto limpiante 2 l/h MicroFlapper
- 500 gotero desmontable pc 4 l/h, rambo
- 500 gotero katif rojo 3.75 l/h plástico
- 10 terminal de línea de 16 mm sab
- 8 adaptador de 16 mm x 3/4" sab c drip
- 1 punzo de gotero regulable sab c drip
- 1 manómetro de 6 bar 1/4" glicerina versa
- 1 aguja de manómetro nacional 1/4" rh
- wincha de 5 ml.
- pegamento para tuberías pvc.

### **3.1.2.2. *Materiales de escritorio***

- 1 libreta de apunte.
- 1 millar de papel bond A4.
- 2 lapiceros.
- 1 USB.
- Materiales de escritorio.

### **3.1.2.3. *Herramientas***

- 1 alicate.
- 1 hoja sierra.
- 3 baldes de 20 L.
- 1 varete.
- 1 lampa.
- 1 pico.

### **3.1.2.4. *Equipos***

- 1 laptop.
- 1 cámara fotográfica.
- Impresora

### **3.1.2.5. *Software***

- AutoCAD.
- Microsoft office.

## **3.2. Metodología de la Investigación**

### **3.2.1. Perspectiva Metodológica y Tipo de Investigación**

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, experimental y transversal, debido a que se analizó el problema en su situación presente, los resultados obtenidos en el estudio servirán de utilidad para el conocimiento sobre el Coeficiente de uniformidad, variación y determinar la relación de caudal-presión. Debido a una revisión de bosquejo del problema de investigación, para su clasificación y diagnóstico, y desarrollo de actividades para el recojo de datos.

### **3.2.2. Tipo de Investigación**

#### **3.2.2.1. Según el objeto de estudio.**

##### *3.2.2.1.1. Investigación Aplicada.*

Es aquella que utiliza la experiencia del investigador y la aplica en experiencias de campo. Este tipo de investigación está íntimamente relacionado con la investigación básica.

#### **3.2.2.2. Según el objeto de estudio.**

##### *3.2.2.2.1. Investigación Seccional o Transversal.*

Es un estudio en un momento y lugar determinado, pudiendo evaluar sub grupos de estudio de donde se puede recoger información sin necesidad de repetir las observaciones

#### **3.2.2.3. Según el objeto de estudio.**

##### *3.2.2.3.1. Investigación Cuantitativa.*

Porque vamos a obtener magnitudes numéricas de la investigación, que podrán ser tratadas mediante herramientas estadísticas.

#### **3.2.2.4. Según el objetivo general.**

##### *3.2.2.4.1. Investigación Experimental:*

Arias (2012) La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)

#### **3.2.2.5. Según la captación de la información**

##### *3.2.2.5.1. Prospectivo*

En el diseño prospectivo la recolección se realizará luego de planificar el estudio. Tiene como ventaja el control de las variables, la inspección y revisión de los aparatos con los



que se efectuarán las mediciones, la de capacitación de los sujetos que obtendrán las mediciones.

### **3.2.3. Población y muestra**

#### **3.2.3.1. Población:**

La población de goteros será de 500 emisores al azar tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 9261 titulada “Equipos de riego, Emisores y tuberías, Especificaciones y métodos de ensayo”

#### **3.2.3.2. Muestra:**

Es la parte de la población, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo, Según AENOR (2010). La muestra debe incluir 25 probetas escogidas al azar de un lote de al menos 500 emisores escogidos al azar (p.13).

Mencionado en la norma UNE-EN ISO 9261-2010 titulada “Equipos de riego Emisores y tuberías Especificaciones y métodos e ensayo”.

### **3.2.4. Recolección de la información**

Es un conjunto organizado de datos, que constituyen un mensaje sobre determinado ente o fenómeno.

**3.2.4.1. Técnica de recolección:** Experimento, laboratorio (trabajo en campo)

**3.2.4.2. Instrumentos de recolección:** Guía de Observación.

**3.2.4.3. Fuente:** datos primarios (se obtienen directamente)

**3.2.4.4. Procesamiento:** prueba estadística.

## Variables

**Cuadro 6** Definición de variables

Variable dependiente	Variable independiente:	Variable interviniente:
Coeficiente de variación ( $C_v$ )	Presión (P)	Temperatura (T)
Coeficiente de Uniformidad ( $C_u$ )		
Caudal unitario ( $q$ ) $f(C_v, C_u, q) = g(P)$	$g(P) = h(T, Q, T_g)$	Caudal (Q)

### 3.3. Procedimiento de campo

Con la investigación se caracterizó hidráulica mente seis diferentes modelos de goteros según la norma UNE- EN ISO 9261 en el banco de ensayos instalado en el CIE-CAÑASBAMBA-UNASAM, con la finalidad de comparar las especificaciones dadas del fabricante de los emisores en estudio. Para ello con los datos obtenidos se calcularon y evaluaron el comportamiento hidráulico de cada gotero, determinando el coeficiente de variación ( $C_v$ ), coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y caudal del emisor ( $q$ ) en el banco de ensayos.

Para concretar los objetivos propuestos, se pusieron a prueba seis diferentes modelos de goteros autocompensados y se procedió al acoplamiento de dichos emisores al banco de ensayo, para así evaluar de manera controlada el volumen de agua descargado por cada emisor a diferentes presiones de trabajo y proceder a calcular la curva caudal-presión y los parámetros ya mencionados.

#### 3.3.1. Preparación de terreno

**Zanja:** Esta actividad se realizó manualmente; con ayuda de un pico, lampa y barreta, Las dimensiones de la zanja fueron de 0,40 metros de ancho, 0,40 de alto, y 3 metros de largo. Dicha actividad se realizó para conectar las tuberías de agua PVC del cabezal del riego al banco de ensayos.

**Banco de Pruebas:** Se diseñó la estructura metálica de tal manera que su funcionamiento ayude a cumplir los objetivos propuestos en la presente investigación, se adecuó un ambiente para trabajar de manera adecuada, en la figura N° 9 se muestra el banco de pruebas instalado en el centro de investigación – Cañasbamba, el modelo general de bancada se tomó como referencia el banco de pruebas del laboratorio de riegos de la Universidad Agraria la Molina.



**Figura 9:** Imagen del banco de pruebas con dimensiones 2m x 1m.

### 3.3.2. Instalación del experimento.

**Tablero de control:** El tablero de control que proporciona energía eléctrica necesaria a la bomba de agua de 3.4 HP.

El tablero de control se encuentra empotrado en la pared de la caseta de control

**Bomba de agua de 3.4 Hp:** El equipo de bombeo que suministra la presión necesaria para el funcionamiento de los goteros, capaz de elevar la presión a 30 m.c.a.

La bomba se apoya en el piso de concreto, empotrado con cintas de seguridad, aferrada a un material de polietileno para evitar vibraciones. La aspiración está conectada a un reservorio de 100 litros de capacidad. La conexión se realizó con una tubería de agua PVC de 2 pulgadas conectada a una válvula check con canastilla Bronce anti-retorno. *Ver figura N° 12*

**Unidad de Filtrado:** El equipo de filtrado fue realizado por equipos manuales de filtración por discos, en la figura N° 10 se muestra la unidad de filtrado con un grado de filtrado de 130 mesh.



**Figura 10:** Unidad de filtrado instalado en el banco de pruebas.

**Tuberías:** La instalación de tuberías de agua tipo PVC se realizó de acuerdo al croquis del sistema de riego, ver figura N° 11; teniendo tuberías de 2", 3/3" y 1/2" que han sido adaptadas para el adecuado funcionamiento del sistema.



**Figura 11:** Adecuación de tuberías para el uso en banco de pruebas.

**Accesorios:** La instalación accesorios de tuberías de agua tipo PVC se realizó de acuerdo al croquis del sistema de riego, ver figura N° 11 y Distribución de emisores en banco de pruebas en la figura N° 09

**Control de presión:** para poder realizar el control de presión, se ha colocado una pieza en T de tubería de 3/4 de pulgada alimentándose de agua filtrado, a los dos lados conectados por acoples con niples y válvulas.



En la figura N° 12 se muestra la adecuación de las válvulas, estos se abren y cierran manualmente de acuerdo a la intensidad que requiere la presión de trabajo.



**Figura 12:** Llaves de paso adecuadas para controlar el caudal.

**Manómetro:** En la figura N° 13 se muestra el manómetro instalado, se perforo la tubería, está es controlada por las válvulas instaladas previamente.



**Figura 13:** Instalación de manómetro

**Mangueras:** Las mangueras de polietileno fueron ancladas a las salidas T, mediante adaptadores de 5 mm.

**Emisores:** Los emisores se insertaron en las mangueras, cinco emisores en cada manguera, contando con cinco salidas TEE, contando con 25 emisores escogidos al azar de un lote de 500. Según especifica la norma española UNE-EN ISO 9261.

### 3.3.3. Sistema de Riego

La instalación del sistema de riego consistió en la adaptación de un tanque de 100 litros, precedido de una bomba de impulsión de 3.4 HP, la cual se encargaba de impulsar agua a través de una tubería de 2" de diámetro, dicha tubería unida a una válvula check con canastilla de succión de 1 pulgada, la válvula de aire de 1 pulgada, válvulas de control de una pulgada, pasando por filtros de anillas de 130 mesh.

Para la instalación de las tuberías se empleó tuberías PVC de 2" que transporta agua desde la bomba hasta los filtros, el agua limpia fue transportado mediante tuberías de ¾ de pulgadas al banco de pruebas, teniendo dos válvulas que se cerraban o abrían para que el agua retorne al reservorio y así manipular la presión de trabajo que requieran los emisores.

En la figura N° 14 se muestra la mesa de bancada, se instalaron cinco salidas de agua con TEEs, en cada salida se instalaron adaptadores de 16 mm x ¾" sab c drip, en dichos adaptadores de insertaron las mangueras pvc 16 mm c 2.5 orbes drip.

Se adjunta, plano del esquema de riego según UNE en ISO 9261 PL-03



**Figura 14:** verificación del funcionamiento del banco de ensayos.

### 3.3.4. Banco de ensayos

El banco de ensayos consta de una estructura metálica de soporte que sostiene una bandeja de captación. Las dimensiones son de dos metros de largo por uno de ancho y 0.90 de alto. Presenta salidas con tees roscadas hembras de PVC de 3/4 de pulgada, para tubos niple de 19.05 mm. Para la obtención del coeficiente de variación se usó una muestra de 25 goteros escogidos al azar de un lote de 500 emisores/unidades sometidos a un rango de presión óptima de trabajo según indica el fabricante. Para la obtención de las curvas características de caudal-presión los goteros fueron sometidos desde la presión cero hasta 1.2 de la presión máxima, con tres repeticiones y a una temperatura del agua de  $23 \pm 3$  °C. Dichas evaluaciones se efectuaron según la Norma española UNE-EN ISO 9261, esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 9261:2010, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 9261:2004, la cual especifica las características mecánicas y funcionales para emisores y tuberías, y, cuando procede, sus conexiones así como proporciona métodos para evaluar la conformidad acorde con estos requisitos. Especifica también la información a proporcionar por el fabricante, destinada a conseguir una correcta instalación y manejo en campo. A continuación, se muestra el esquema del banco de ensayos, ver figura N° 16, banco de ensayos, Se adjunta, plano de distribución del banco de ensayos PL – 04 y PL-05.



**Figura 15:** Banco de ensayos instalado.

#### **3.3.4.1. Esquema de distribución del banco de ensayo**

El banco de ensayo está constituido por un soporte donde se apoyan 5 TEEs en las cuales se ha insertado tuberías de 2 metros de polietileno de 2.5 mm de diámetro, en las cuales se ha insertados 5 emisores en cada uno asegurando al final con un terminal de línea de 16 mm, contando con 25 salidas de agua como hace mención la norma española UNE-EN ISO 9261.

A la entrada se han colocado dos llaves de control que servirán para controlar las diferentes presiones que se requirió de acuerdo al catálogo de cada emisor puesto a prueba, que será medido con un manómetro de 6 bar ¼” glicerina vursa, éste se instaló perforando la tubería de entrada de ¾” adaptando 1 abrazadera-collarín pe 25 mm y 1 punto de medición color azul ¼”. Se adjunta, plano de distribución del banco de ensayos PL – 06.

#### **3.4. Metodología para la evaluación de emisores**

Para la toma de mediciones en el banco de ensayos se siguió la metodología sugerida por la norma europea EN-ISO 9261:2010. Dicha norma internacional (UNE EN ISO) especifica las características mecánicas y funcionales para emisores y tuberías emisoras, y, cuando procede, sus conexiones, así como proporciona métodos para evaluar la conformidad acorde con estos requisitos. Especifica también la información a proporcionar por el fabricante, destinada a conseguir una correcta instalación y manejo en campo.

La norma es aplicable a emisores, tuberías emisoras, mangueras, incluyendo cintas y tubos en los que los emisores forman parte integral de los mismos, a emisores y tuberías emisoras, con o sin regulación de presión, que no excedan los 24 l/h por orificio (excepto durante el lavado), y a las conexiones y juntas destinadas a conectar las tuberías emisoras, mangueras y tubos. No es aplicable a tuberías porosas (tuberías que son porosas a lo largo de toda su longitud), así como tampoco contempla el funcionamiento de las tuberías en cuanto a obturación.

Este ensayo se aplica en tuberías emisoras y emisores tanto compensantes como no compensantes. La muestra debe incluir 25 emisores/unidades emisoras separados cada 0.33 metros de acuerdo a los requisitos en dicha norma.

Antes de realizar la prueba se acondicionó los goteros durante 1 hora, siguiendo la metodología:



Según AENOR (2010) menciona que:

- a) Se aplica la presión mínima de trabajo, y se mantiene durante 3 min.
- b) Se aplica la presión máxima de trabajo y se mantiene durante 3 min.
- c) Se aplica la presión mínima de trabajo, y se mantiene durante 3 min.
- d) Se aplica la presión máxima de trabajo y se mantiene durante 3 min.
- e) Se aplica la presión mínima de trabajo, y se mantiene durante 3 min.
- f) Se aplica la presión máxima de trabajo y se mantiene durante 3 min.
- g) Se aplica la presión correspondiente al valor medio del intervalo de regulación, y se mantiene hasta que se complete el tiempo total de acondicionamiento (1 h) (P.14).

Para los emisores evaluados se tomaron los datos de volumen de los 25 emisores en un recipiente por cada gotero, para esto se necesitó un cronómetro para controlar el tiempo de prueba, pasado el tiempo de prueba en la bandeja lista para el recojo de información se procedió a pesar el peso del recipiente más el volumen de agua recogido en cada recipiente, para luego pasar este peso a mililitros teniendo en cuenta la densidad del agua.

Del mismo modo se procedió con los datos del lateral de las diferentes marcas de goteros puestos en prueba

Se determinó realizar 3 repeticiones por cada presión de prueba, 2 de medida y 1 de reprobación para dar fiabilidad a los datos medidos, se midieron a diferentes presiones con aumento de presión cada 5 metros o 0.5 bar. La prueba inició con 5 m de presión hasta llegar a los 30 m de presión.

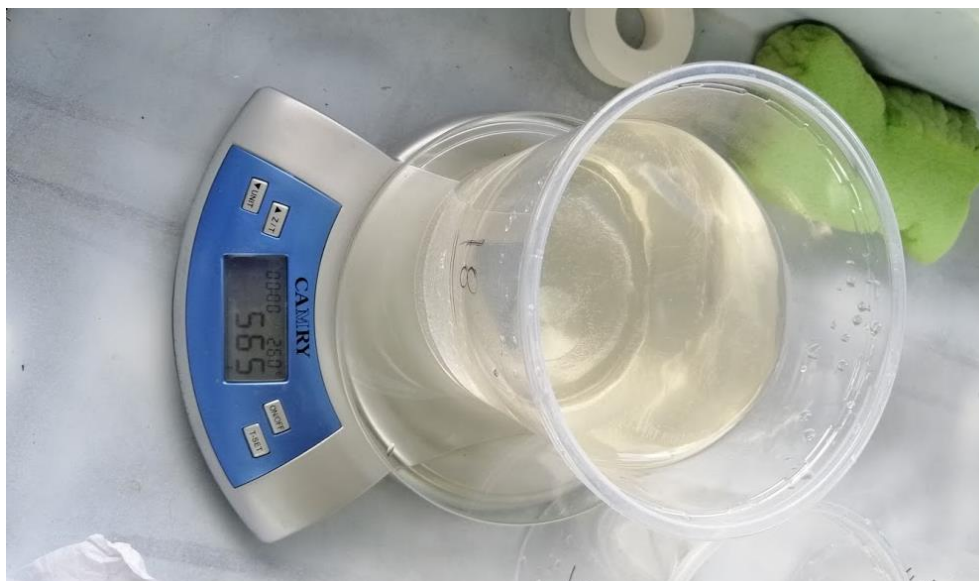
### **Método de ensayo**

Se ensayan varios puntos para cada emisor/unidad emisora, con incrementos de presión no superiores a 50 kPa, desde presión cero hasta 1,2 presión máxima, de tal forma que como mínimo se obtengan cuatro valores de caudal ensayados a cuatro valores diferentes de presión. Tras alcanzar la presión de ensayo, se mide el caudal durante al menos 3 min.

### 3.5. Metodología para calcular el coeficiente de uniformidad, coeficiente de variación y caudal unitario

#### 3.5.1. Medición de pesos en campo.

Por cada tipo de gotero evaluado en el banco de ensayos se registraron los pesos de los 25 volúmenes descargados, así como se muestra en la figura N° 16, cada recipiente fue enumerado y asignado a un determinado lugar, las mediciones se realizaron por un tiempo determinado, de acuerdo al caudal de cada gotero en cada punto de salida.



**Figura 16:** volumen registrado del gotero por cada punto de salida.

La capacidad del recipiente es de 1 litro, su peso de 15 gramos, la cual fue uniforme para todos, se realizaron 3 repeticiones en cada prueba para cada presión de trabajo, la cual se empezó en 5 m.c.a hasta los 30 m.c.a

#### 3.5.2. Cálculo de caudales

Los promedios de las 3 pruebas realizadas se encuentran registrados en gramos, en un tiempo determinado en minutos, se calculó el volumen emitido por cada gotero en litros/horas siguiendo la siguiente metodología:

- Se pesaron los volúmenes en un tiempo de prueba de 5 minutos registrado en gramos.
- Al peso del recipiente medido se quita 15 gramos (peso del recipiente contenedor)
- El valor medido está en gramos, se calcula el caudal en litros por hora con la siguiente ecuación:

(5)

$$Q = (P - Pr) * \left(\frac{1000}{\rho_{\text{agua}}}\right) * \left(\frac{60}{T_p}\right)$$

Donde:

- Q: Caudal calculado en lt/h.
- P: Peso de la prueba en gramos.
- Pr: Peso del recipiente
- Tp: Tiempo de duración de la prueba en min.
- $\rho_{\text{agua}}$ : Densidad del agua a temperatura del ambiente

Con la ecuación 5 determinamos el caudal en l/h emitido por cada gotero.

### 3.5.3. Análisis estadístico con el modelo t student.

Para tener consistencia en la medición de datos  $n < 30$  se recurrió al modelo estadístico t student, con un intervalo de confianza del 95 %, dicho análisis se realiza para las diferentes pruebas de presión sometidas en el banco de ensayo, siguiendo la ecuación:

$$\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

### 3.5.4. Determinación del coeficiente de uniformidad.

Para calcular el coeficiente de uniformidad en el banco de ensayos, fijando un tiempo y determinando un volumen recibido en ese tiempo. El volumen y tiempo medido se calculó el caudal en litros/hora promedio de cada modelo de emisor, el coeficiente de uniformidad es el coeficiente del promedio del 25% de caudales más bajos entre el promedio total de la muestra, en este caso 25 emisores.

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_a}$$

Donde:

CU: Coeficiente de Uniformidad

$q_{25\%}$ : caudal medio medido por el 25% de los emisores que reciben menos caudal en la prueba

$q_a$ : Caudal medio de los emisores evaluados en la prueba de campo.

### 3.5.5. Determinación del coeficiente de variación

Para calcular el coeficiente de variación se recurre a la siguiente expresión:

$$C_v = \frac{S_q}{\bar{q}} \times 100$$

- $S_q$  es la desviación típica de los caudales de la muestra, en litros por hora
- $\bar{q}$  es el caudal medio de la muestra, en litros por hora.

### 3.5.6. Determinación de ecuación de descarga del gotero

Determinación del exponente de descarga del emisor/unidad emisora viene dada por la fórmula:

$$q = kxp^m$$

- $k$  es una constante;
- $q$  = caudal del gotero
- $m$  es el exponente de descarga.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Cálculo de los intervalos de confianza según modelo de emisor:

Se realizó el análisis estadístico con el modelo t – student (anexo 3), para fiabilidad y precisión de las mediciones se realizaron 3 medidas para cada presión en el banco de pruebas, los valores registrados en gramos se muestran en el anexo 1.

Con las mediciones registradas en una balanza electrónica, el peso medido por cada recipiente de agua, convirtiendo estas unidades a litros (anexo 2), se calcularon el coeficiente de uniformidad (anexo 4), coeficiente de variación (anexo 5), y la ecuación de curva – caudal para todos los emisores sometidos a la prueba.

La ubicación del área de trabajo se muestra en el mapa PL-01, a continuación, se muestra los resultados de coeficiente de uniformidad, variación y la relación de caudal – presión de los seis modelos de goteros evaluados.

#### 4.1.1. Gotero Azud premier 1.60 l/h

El gotero azud premier de caudal nominal 1.60 l/h, para una muestra de 25 emisores, se tiene el intervalo en los siguientes rangos, se asume la desviación estándar muestral, como poblacional.

$$\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$
$$1.60 - 2.06 * \frac{0.01}{\sqrt{25}} < \mu < 1.60 + 2.06 * \frac{0.01}{\sqrt{25}}$$
$$1.60 < \mu < 1.60$$

El intervalo de confianza ( $\mu$ ) varía entre 1.60 y 1.60, el promedio poblacional se encuentra en un rango de 1.60 con un intervalo de confianza del 95 %, el caudal medio obtenido en campo es 2.56 l/h, se acepta la hipótesis.

#### 4.1.2. Gotero Rain bird 2.40 l/h

El emisor Rain bird de caudal nominal 2.40 l/h, para una muestra de 25 emisores, se tiene el intervalo en los siguientes rangos, se asume la desviación estándar muestral, como poblacional.

$$\begin{aligned}\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \\ 2.40 - 2.06 * \frac{0.01}{\sqrt{25}} < \mu < 2.40 + 2.06 * \frac{0.01}{\sqrt{25}} \\ 2.396 < \mu < 2.404\end{aligned}$$

El intervalo de confianza ( $\mu$ ) varia entre 2.396 y 2.404, el promedio poblacional se encuentra en en rango de 2.396 y 2.404 con un intervalo de confianza del 95 %, el caudal medio obtenido en campo es 2.41 l/h, se acepta la hipótesis.

#### 4.1.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h

En el caudal nominal del gotero desmontable rambo 8.0 l/h, para una muestra de 25 emisores, se tiene el intervalo en los siguientes rangos, se asume la desviación estándar muestral, como poblacional.

$$\begin{aligned}\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \\ 8.00 - 2.06 * \frac{0.65}{\sqrt{25}} < \mu < 8.00 + 2.06 * \frac{0.65}{\sqrt{25}} \\ 7.730 < \mu < 8.270\end{aligned}$$

El intervalo de confianza ( $\mu$ ) varia entre 7.730 y 8.270, el promedio poblacional se encuentra en en rango de 7.730 y 8.270 con un intervalo de confianza del 95 %, el caudal medio obtenido en campo es 8.02 l/h, se rechaza la hipótesis.

#### 4.1.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h

En el caudal del gotero desmontable rambo de caudal nominal 4.0 l/h, para una muestra de 25 emisores, se tiene el intervalo en los siguientes rangos, se asume la desviación estándar muestral, como poblacional.

$$\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$
$$4.00 - 2.06 * \frac{0.50}{\sqrt{25}} < \mu < 4.00 + 2.06 * \frac{0.50}{\sqrt{25}}$$
$$3.792 < \mu < 4.208$$

El intervalo de confianza ( $\mu$ ) varia entre 3.792 y 4.208, el promedio poblacional se encuentra en en rango de 3.792 y 4.208 con un intervalo de confianza del 95 %, el caudal medio obtenido en campo es 4.145 l/h, se rechaza la hipótesis.

#### 4.1.5. Gotero MicroFlapper 4 l/h

El emisor microflapper de caudal nominal 4.0 l/h, para una muestra de 25 emisores, se tiene el intervalo en los siguientes rangos, se asume la desviación estándar muestral, como poblacional.

$$\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$
$$4.00 - 2.06 * \frac{0.50}{\sqrt{25}} < \mu < 4.00 + 2.06 * \frac{0.50}{\sqrt{25}}$$
$$3.936 < \mu < 4.064$$

El intervalo de confianza ( $\mu$ ) varia entre 3.936 y 4.064, el promedio poblacional se encuentra en en rango de 3.936 y 4.064 con un intervalo de confianza del 95 %, el caudal medio obtenido en campo es 4.31 l/h, se acepta la hipótesis.

#### 4.1.6. Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h.

El gotero microflapper de caudal nominal 3.75 l/h, para una muestra de 25 emisores, se tiene el intervalo en los siguientes rangos, se asume la desviación estándar muestral, como poblacional.

$$\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$
$$3.75 - 2.06 * \frac{0.50}{\sqrt{25}} < \mu < 3.75 + 2.06 * \frac{0.50}{\sqrt{25}}$$
$$3.791 < \mu < 3.895$$

El intervalo de confianza ( $\mu$ ) varia entre 3.791 y 3.895, el promedio poblacional se encuentra en el rango de 3.792 y 4.208 con un intervalo de confianza del 95 %, el caudal medio obtenido en campo es 3.84 l/h, se rechaza la hipótesis.

#### 4.2. Coeficiente de uniformidad.

Es una práctica donde se verifica el caudal que descargan algunos goteros, en este caso 25 emisores de un lote de 500, a diferentes presiones insertados a una tubería de PVC unión flexible 2.5 mm. Lo cual se realiza bajo un procedimiento específico, donde permite evaluar un indicador relevante: el factor constructivo (evaluación de la igualdad que tiene un gotero con otro), debemos tener en cuenta que las pruebas se realizaron simultáneamente con la misma presión para todos los goteros evaluados, ver anexo 4.

A continuación, se presenta el comportamiento del coeficiente de uniformidad de los 6 diferentes modelos de emisores evaluados.

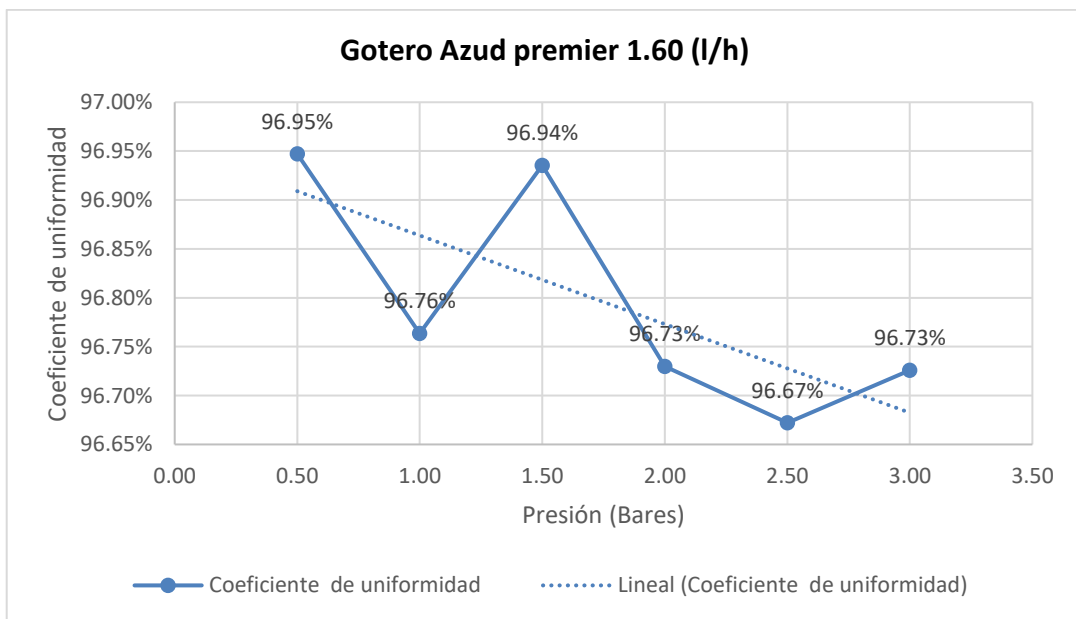


#### 4.2.1. Gotero Azud Premier 1.60 l/h.

**Tabla 5** Coeficiente de uniformidad de gotero Azud premier 1.60 l/h.

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coeficiente de uniformidad
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	0.50	1.60	1.67	1.62	96.95%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.00	1.60	2.15	2.08	96.76%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.50	1.60	2.52	2.44	96.94%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.00	1.60	2.85	2.76	96.73%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.50	1.60	3.21	3.11	96.67%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	3.00	1.60	3.49	3.38	96.73%

En la tabla 5 se muestra el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 1.67, 2.15, 2.52, 2.85, 3.21 y 3.49 l/h y el caudal medido del 25% mas bajo es 1.62, 2.08, 2.44, 2.76, 3.11 y 3.38 l/h, el coeficiente de uniformidad es 96.95%, 96.76%, 96.94%, 96.73%, 96.67% y 96.73% respectivamente, al ser un valor por encima del 90% se considera excelente.



**Figura 17:** Variación del coeficiente de uniformidad del emisor Azud premier 1.60 l/h.

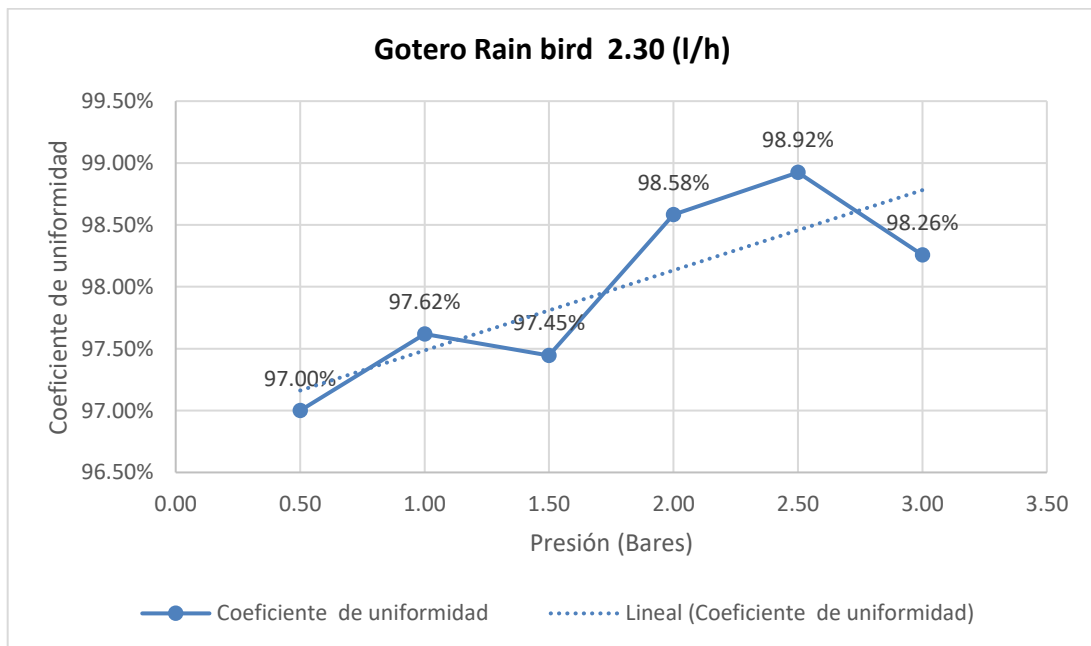
Según muestra la figura 17, la variación del coeficiente de uniformidad fluctúa en un rango del 1% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 0.5 bares y un C.U de 95.95 % y el valor mas bajo a la presión de 2.50 bares y un C.U 96.67%.

#### 4.2.2. Gotero Rain bird 2.30 l/h

**Tabla 6** Coeficiente de uniformidad de gotero Rain Bird 2.40 l/h.

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coeficiente de uniformidad
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	0.50	2.40	2.33	2.28	97.00%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	1.00	2.40	2.33	2.28	97.62%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	1.50	2.40	2.39	2.33	97.45%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	2.00	2.40	2.45	2.41	98.58%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	2.50	2.40	2.45	2.42	98.92%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	3.00	2.40	2.44	2.40	98.26%

En la tabla 6 el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 2.28, 2.28, 2.39, 2.45, 2.45 y 2.44 l/h y el caudal medido del 25% mas bajo es 2.28, 2.28, 2.33, 2.41, 2.42 y 2.40 l/h, el coeficiente de uniformidad es 97.00%, 97.62%, 97.45%, 98.58%, 98.92% y 98.26% respectivamente, al ser un valor por encima del 90% lo consideramos Excelente.



**Figura 18.** Variación del coeficiente de uniformidad del gotero Rain bird 2.30 l/h.

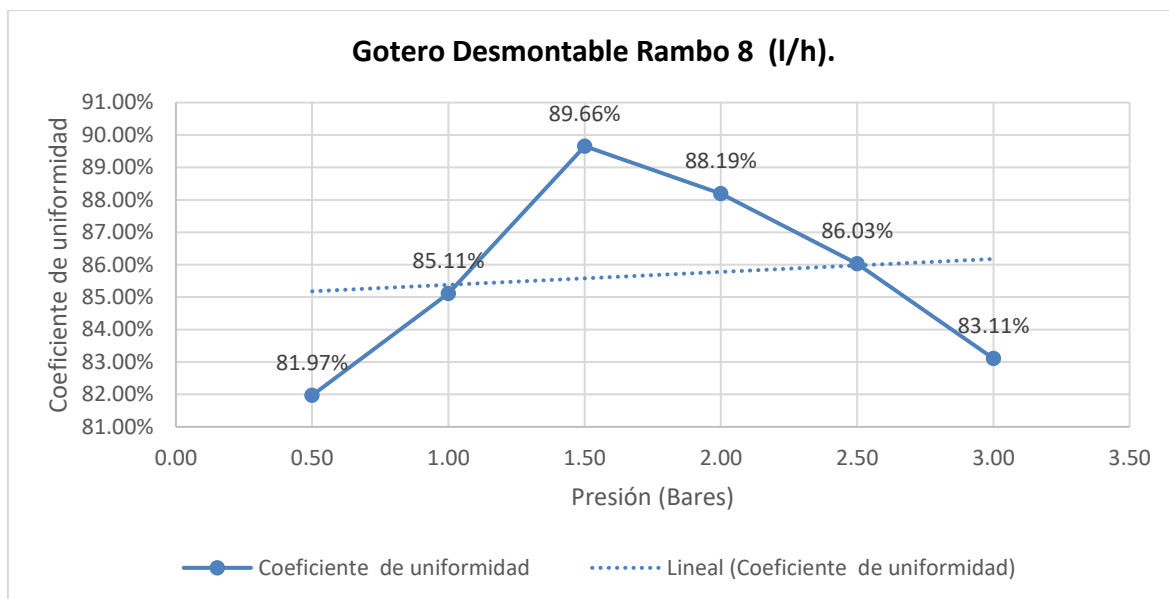
Según muestra la figura 18, la variación del coeficiente de uniformidad fluctúa en un rango del 2% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 2.50 bares y un C.U de 98.92 % y el valor más bajo a la presión de 0.50 bares y un C.U 97.00%.

#### 4.2.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h

**Tabla 7** Coeficiente de uniformidad de gotero rambo 8.0 l/h.

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coeficiente de uniformidad
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	0.50	8.00	6.77	5.55	81.97%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.00	8.00	7.16	6.10	85.11%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.50	8.00	7.86	7.05	89.66%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.00	8.00	8.25	7.28	88.19%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.50	8.00	8.87	7.63	86.03%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	3.00	8.00	10.02	8.33	83.11%

En la tabla 7, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 6.77, 7.16, 7.86, 8.25, 8.87 y 10.02 l/h y el caudal medido del 25% más bajo es 5.55, 6.10, 7.05, 7.28, 7.63 y 8.33 l/h, el coeficiente de uniformidad es 81.97%, 85.11%, 89.66%, 88.19%, 86.03% y 83.11% respectivamente, al ser uno que oscila entre el 80 y 90% lo consideramos bueno.



**Figura 19.** Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.

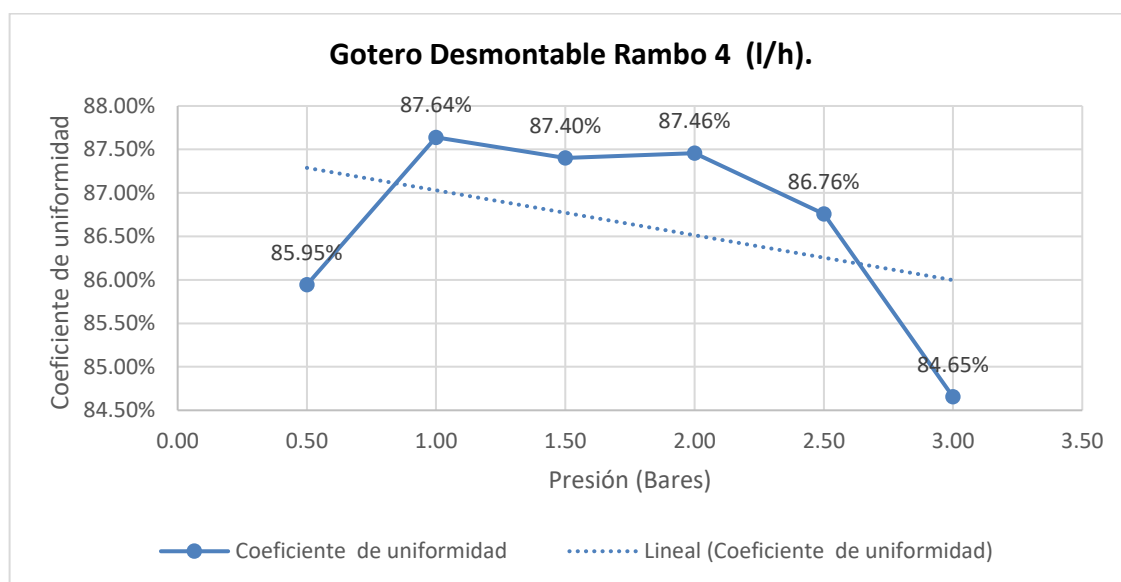
Según muestra la figura 19, la variación del coeficiente de uniformidad varía en un rango del 8% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 1.50 bares y un C.U de 89.66 % y el valor más bajo a la presión de 0.50 bares y un C.U 81.97%.

#### 4.2.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h

**Tabla 8** Coeficiente de uniformidad de gotero rambo 4 l/h.

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coeficiente de uniformidad
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	0.50	4.00	3.68	3.16	85.95%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	3.93	3.45	87.64%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.09	3.57	87.40%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.21	3.69	87.46%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.31	3.74	86.76%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.56	3.86	84.65%

- El caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 3.68, 3.93, 4.09, 4.21, 4.31 y 4.56 l/h y el caudal medido del 25% mas bajo es 3.16, 3.45, 3.57, 3.69, 3.74 y 3.86 l/h, el coeficiente de uniformidad es 85.95%, 87.64%, 87.40%, 87.46%, 86.76% y 84.65% respectivamente, al ser un que oscila entre el 80 y 90% lo consideramos bueno.



**Figura 20.** Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.

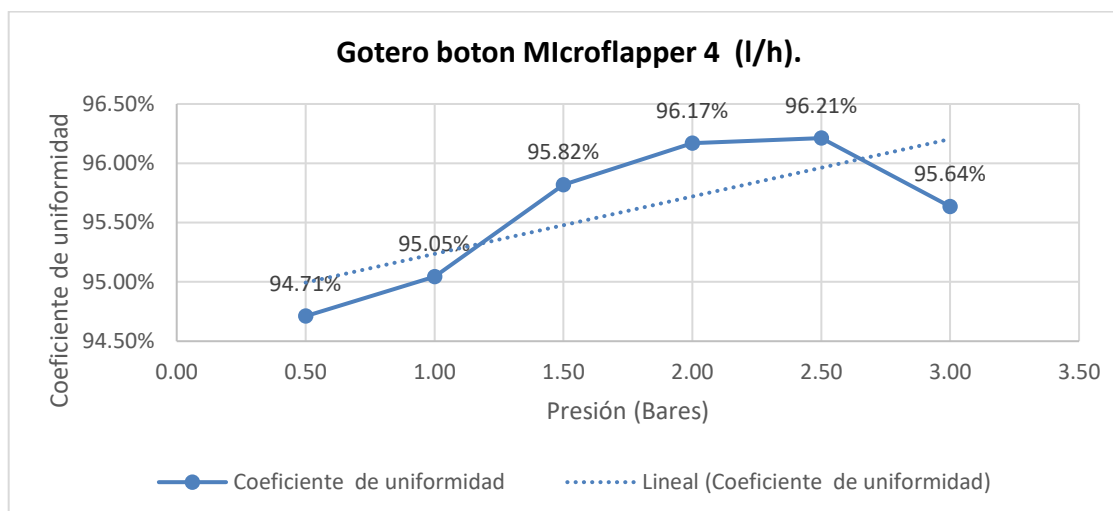
Según muestra la figura 20, la variación del coeficiente de uniformidad fluctúa en un rango del 4% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 1.00 bares y un C.U de 87.64 % y el valor mas bajo a la presión de 3.00 bares y un C.U 84.65%.

#### 4.2.5. Gotero MicroFlapper 4 l/h

**Tabla 9** Coeficiente de uniformidad de gotero Azud premier.

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coeficiente de uniformidad
Gotero MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	0.50	4.00	3.98	3.77	94.71%
Gotero MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	4.06	3.86	95.05%
Gotero MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.15	3.98	95.82%
Gotero MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.25	4.09	96.17%
Gotero MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.31	4.15	96.21%
Gotero MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.44	4.24	95.64%

En la tabla 9, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 3.98, 4.06, 4.15, 4.25, 4.31 y 4.44 l/h y el caudal medido del 25% mas bajo es 3.77, 3.86, 3.98, 4.09, 4.15 y 4.24 l/h, el coeficiente de uniformidad es 94.71%, 95.05%, 95.82%, 96.17%, 96.21% y 95.64% respectivamente, al ser un que oscila entre el 80 y 90% lo consideramos bueno.



**Figura 21.** Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.

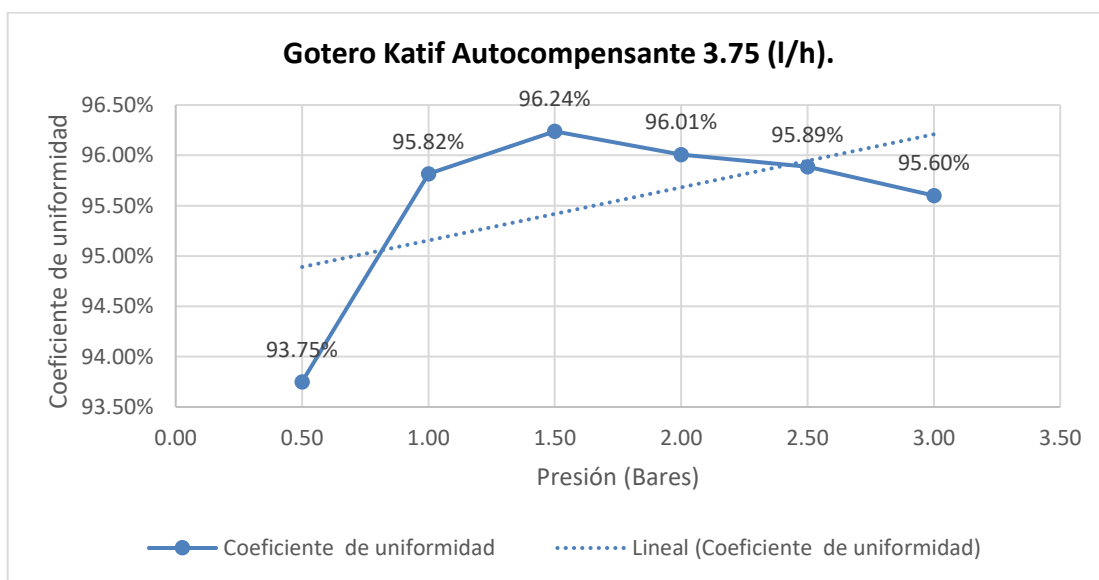
Según muestra la gráfica 5, la variación del coeficiente de uniformidad fluctúa en un rango del 2% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 2.50 bares y un C.U de 96.21 % y el valor más bajo a la presión de 0.50 bares y un C.U 94.71%.

#### 4.2.6. Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h

**Tabla 10** Coeficiente de uniformidad de gotero Azud premier.

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de uniformidad
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	0.50	3.75	3.64	3.41	93.75%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.00	3.75	3.84	3.68	95.82%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.50	3.75	3.90	3.75	96.24%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.00	3.75	3.98	3.82	96.01%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.50	3.75	4.06	3.89	95.89%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	3.00	3.75	4.35	4.16	95.60%

- El caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 3.64, 3.84, 3.90, 3.98, 4.06 y 4.35 l/h y el caudal medido del 25% mas bajo es 3.41, 3.68, 3.75, 3.82, 3.89 y 4.16 l/h, el coeficiente de uniformidad es 93.75%, 95.82%, 96.24%, 96.01%, 95.89% y 95.60% respectivamente, al ser un valor mayor al 90% lo consideramos excelente.



**Figura 22.** Variación del coeficiente de uniformidad del gotero rambo 8 l/h.

Según muestra la figura 22, la variación del coeficiente de uniformidad fluctúa en un rango del 3% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 1.50 bares y un C.U de 96.24 % y el valor mas bajo a la presión de 0.50 bares y un C.U 93.75%.

Generalmente los goteros tienen un coeficiente de variación bajo por tres factores: de tipo constructivo, falencias de diseño y obstrucciones, en nuestro caso las evaluaciones se realizaron en el banco de ensayos teniendo condiciones ideales en el diseño y con agua limpia, teniendo una presión constante, descartando el mal diseño y obstrucciones.

El proceso de construcción y materiales utilizados hacen que emisores de un mismo modelo, no sean exactamente iguales entre sí, en el modelo Azud premier de qn 1.60 l/h con C.U 96.67% , el modelo Rain Bird de qn 2.40 l/h tiene un C.U 97.00%, el modelo botón Microflapper de qn de 4.00 l/h con C.U 94.71% y el modelo katif de qn de 3.75% con un C.U 93.75% representando una alta uniformidad y de buen tipo constructivo.

Sin embargo, los modelos rambo de qn 8.00 l/h y 4.00 l/h tienen un C.U mínimo de 91.97% y 84.65% presentan un coeficiente de uniformidad por debajo del 90%, interpretando que el proceso de fabricación a la que fueron sometidos no fue las óptimas, y esto se vio reflejado en los caudales que emitieron.

### 4.3. Coeficiente de variación

Al igual que el coeficiente de uniformidad, el coeficiente de variación (C.V.) se desarrolló en el banco de pruebas, para seis modelos de emisores, la evaluación consistió en la determinación de la desviación estándar, incrementando las presiones de trabajo de 5 m.c.a hasta los 30 m.c.a y evaluar el caudal de los mismos. Calculando el coeficiente de variación de cada gotero, ver anexo 05.

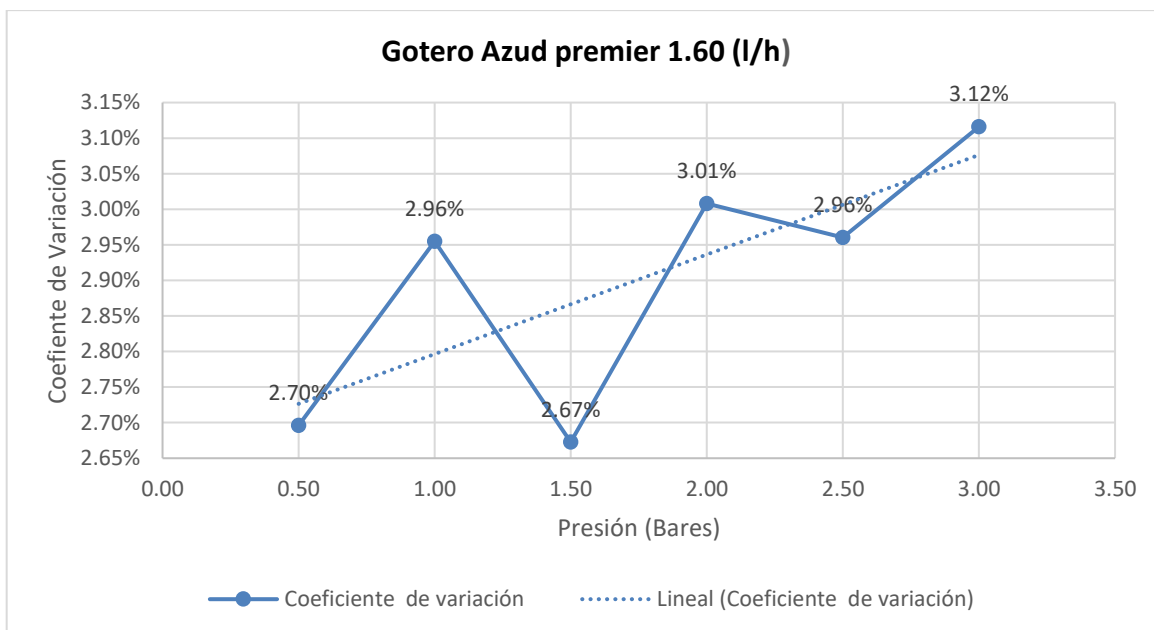
#### 4.3.1. Gotero Azud Premier 1.60 l/h

**Tabla 11** Coeficiente de variación del gotero Azud premier 1.60 l/h.

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	0.50	1.60	1.67	0.04	2.70%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.00	1.60	2.15	0.06	2.96%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.50	1.60	2.52	0.07	2.67%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.00	1.60	2.85	0.09	3.01%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.50	1.60	3.21	0.10	2.96%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	3.00	1.60	3.49	0.11	3.12%

En la tabla 11, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 1.67, 2.15, 2.52, 2.85, 3.21 y 3.49 l/h, tienen una desviación estándar 0.04, 0.06, 0.07, 0.09, 0.10 y 0.11 y el coeficiente de variación es 2.70%, 2.96%, 2.67%, 3.01% 2.96% y 3.12 % respectivamente, al ser un valor por debajo del 7% se encuentra en el rango que sugiera la norma UNE-EN ISO 9261.





**Figura 23.** Diferenciación del coeficiente de variación del gotero azul premier 1.60 l/h

Según muestra la figura 22, el cambio del coeficiente de variación fluctúa en un rango del 1% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 3.0 bares y un C.V. de 3.12% y el valor más bajo a la presión de 1.50 bares y un C.V. de 2.67%, los valores de coeficientes de variación son óptimos, los emisores de estas características son aceptables.

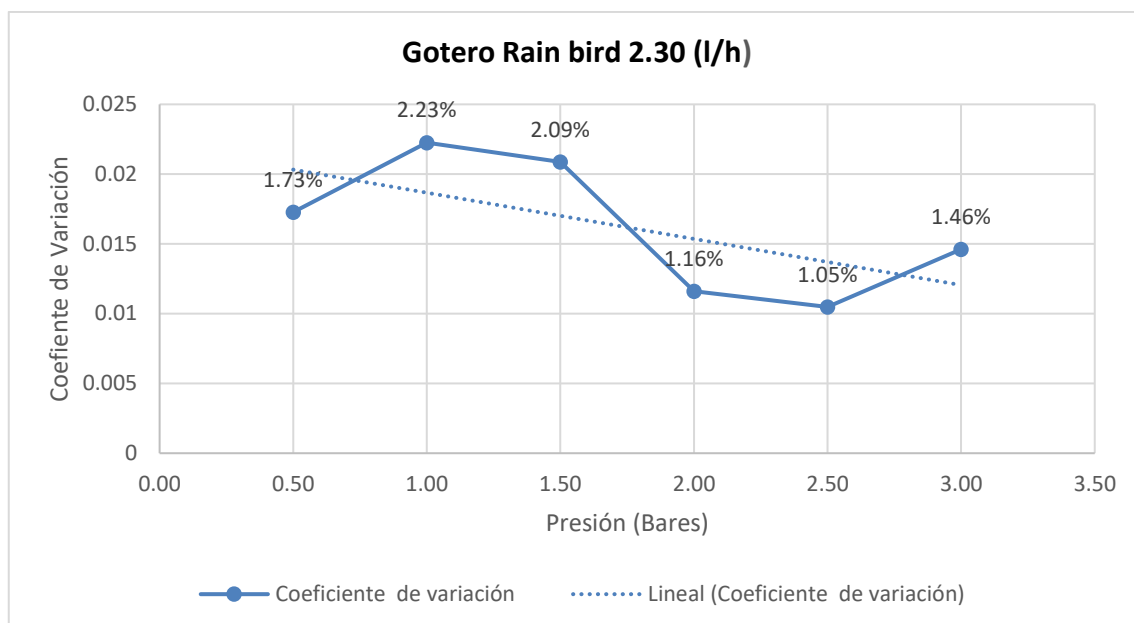
#### 4.3.2. Gotero Rain bird 2.40 l/h

**Tabla 12** Coeficiente de variación de gotero rain bird 2.40 l/h.

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	0.50	2.40	2.33	0.04	1.73%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	1.00	2.40	2.33	0.05	2.23%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	1.50	2.40	2.39	0.05	2.09%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	2.00	2.40	2.45	0.03	1.16%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	2.50	2.40	2.45	0.03	1.05%
Rain bird (2.4 l/h)	1.0 - 4.0	3.00	2.40	2.44	0.04	1.46%

En la tabla 12, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 2.33, 2.33, 2.39, 2.45, 2.45, 2.44 l/h, tienen una desviación estándar 0.04, 0.05, 0.05, 0.03, 0.03 y 0.04 y el coeficiente de variación es 1.73%,

2.23%, 2.09%, 1.16% 1.05% y 1.46 % respectivamente, al ser un valor por debajo del 7% se encuentra en el rango que sugiera la norma UNE-EN ISO 9261.



**Figura 24.** Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.40 l/h

En la figura 24, el cambio del coeficiente de variación fluctúa en un rango del 1% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor mas alto se de a una presión de 1.0 bares y un C.V de 2.23 % y el valor más bajo a la presión de 2.50 bares y un C.U 1.05%, los valores de coeficientes de variación son óptimos, los emisores de estas características son aceptables.

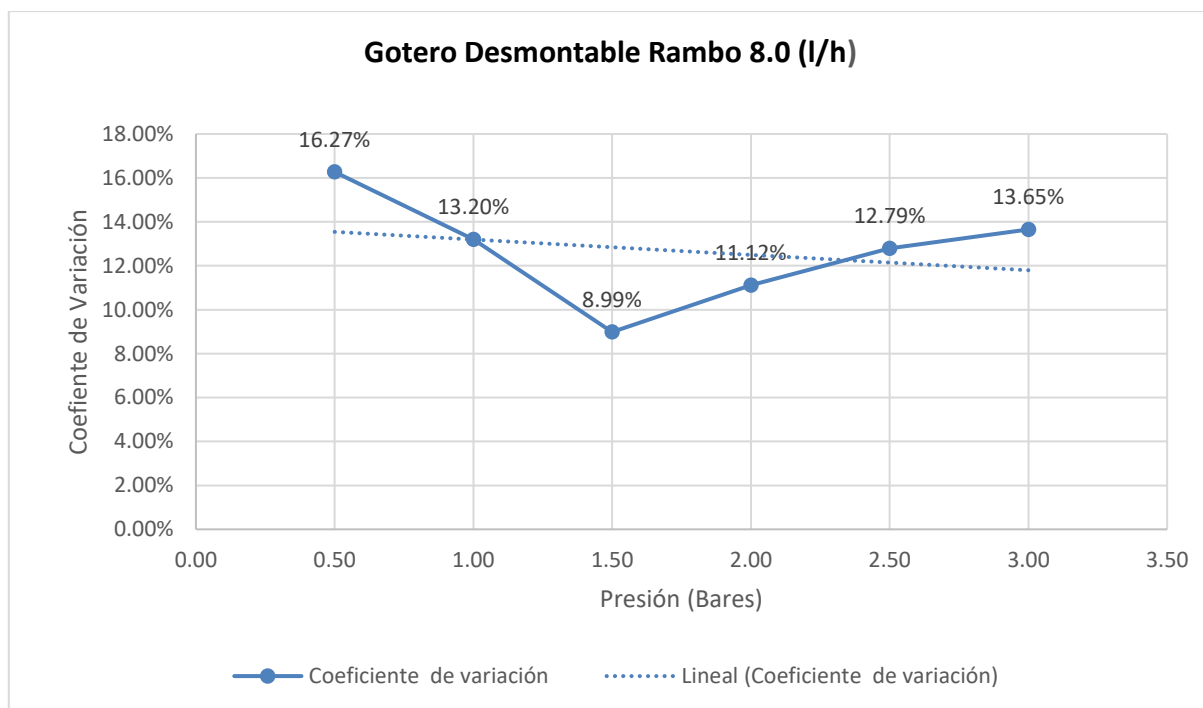
#### 4.3.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h

**Tabla 13** Coeficiente de variación de gotero rambo 8 l/h

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	0.50	8.00	6.77	1.10	16.27%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.00	8.00	7.17	0.95	13.20%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.50	8.00	7.86	0.71	8.99%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.00	8.00	8.26	0.92	11.12%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.50	8.00	8.87	1.13	12.79%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	3.00	8.00	10.02	1.37	13.65%

En la tabla 13, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 6.67, 7.17, 7.86, 8.26, 8.87 y 10.02 l/h, tienen una desviación

estándar 1.10, 0.95, 0.71, 0.92, 1.13 y 1.37 y el coeficiente de variación es 16.27%, 13.20%, 8.99%, 11.12%, 12.79% y 13.65 % respectivamente, al ser un valor por encima del 7% se deduce que el emisor no tiene uniformidad de fabricación.



**Figura 25.** Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.40 l/h

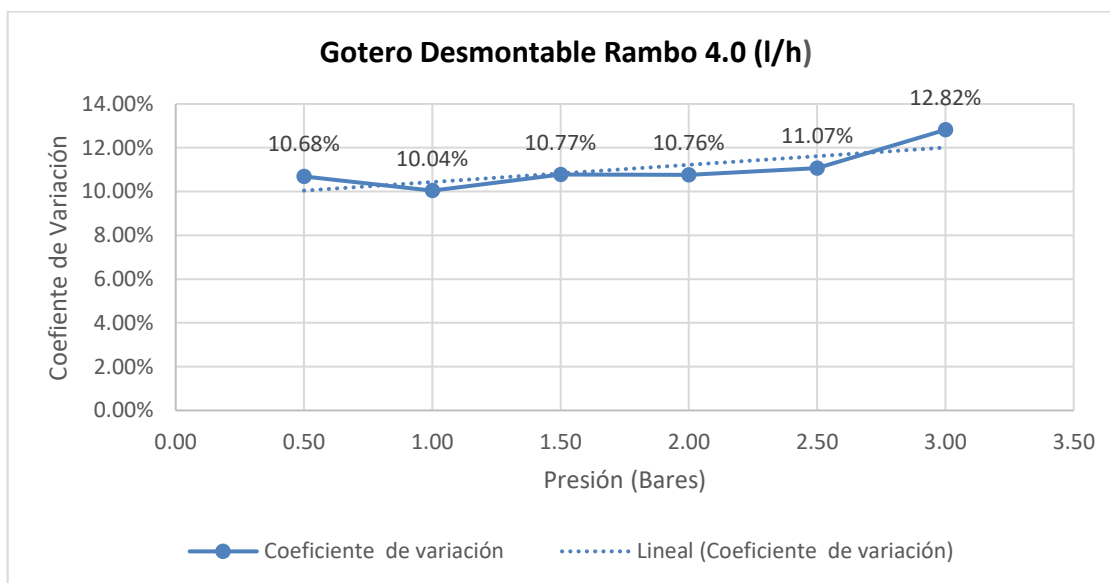
En la figura 25, el cambio del coeficiente de variación fluctúa en un rango del 8% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto se da a una presión de 0.5 bares y un C.V. de 16.27 % y el valor más bajo a la presión de 1.50 bares y un C.U 8.99%.

#### 4.3.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h

**Tabla 14** Coeficiente de variación de gotero rambo 4 l/h

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	0.50	4.00	3.68	0.39	10.68%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	3.93	0.40	10.04%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.09	0.44	10.77%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.21	0.45	10.76%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.31	0.48	11.07%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.56	0.58	12.82%

En la tabla 14, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 3.68, 3.93, 4.09, 4.21, 4.31 y 4.56 l/h, tienen una desviación estándar 0.39, 0.40, 0.44, 0.45, 0.48 y 0.58 y el coeficiente de variación es 10.68%, 10.04%, 10.77%, 10.76%, 11.07% y 12.82 % respectivamente, al ser un valor por encima del 7% se deduce que el emisor no tiene uniformidad de fabricación.



**Figura 26.** Variación del coeficiente de variación del gotero rambo 4 l/h

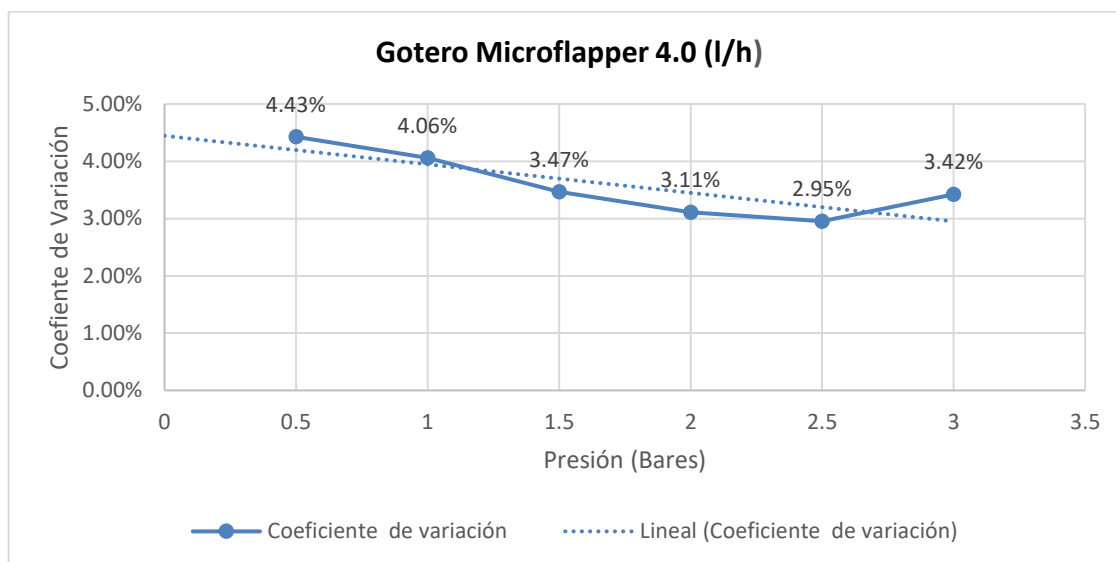
En la figura 26, el cambio del coeficiente de variación fluctúa en un rango del 3% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto a una presión de 3.0 bares, un C.V. de 12.82 % y el valor mas bajo a la presión de 1.0 bar, C.V. 10.04%.

#### 4.3.5. Gotero MicroFlapper 4 l/h

**Tabla 15** Coeficiente de variación de gotero microflapper 4 l/h

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	0.50	4.00	3.98	0.18	4.43%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	4.06	0.17	4.06%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.15	0.14	3.47%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.25	0.13	3.11%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.31	0.13	2.95%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.44	0.15	3.42%

En la tabla 15, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 3.98, 4.06, 4.15, 4.25, 4.31 y 4.44 l/h, tienen una desviación estándar 0.18, 0.17, 0.14, 0.13, 0.13 y 0.15 y el coeficiente de variación es 4.43%, 4.06%, 3.47%, 3.11%, 2.95% y 3.42 % respectivamente, al ser un valor por debajo del 7% se deduce que el emisor no tiene uniformidad de fabricación.



**Figura 27.** Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.40 l/h

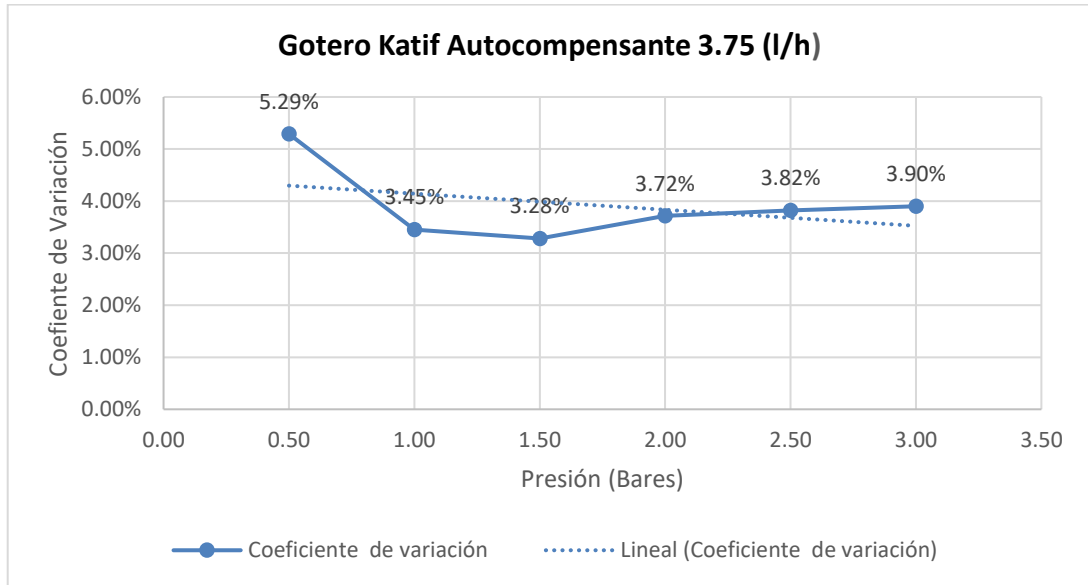
En la figura 27, el cambio del coeficiente de variación fluctúa en un rango del 2% con las presiones de 0.50 bares a 3.0 bares, el valor más alto a una presión de 0.5 bares y un C.V. de 4.43 % y el valor más bajo a la presión de 2.50 bares y un C.V. 2.95%.

#### 4.3.6. Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h

**Tabla 16** Coeficiente de variación de gotero auto compensante 3.75 l/h

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	0.50	3.75	3.64	0.19	5.29%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.00	3.75	3.84	0.13	3.45%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.50	3.75	3.90	0.13	3.28%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.00	3.75	3.98	0.15	3.72%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.50	3.75	4.06	0.16	3.82%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	3.00	3.75	4.35	0.17	3.90%

En la tabla 16, el caudal promedio medido a una presión de prueba de 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 bares es de 3.64, 3.84, 3.90, 3.98, 4.06 y 4.35 l/h, tienen una desviación estándar 0.19, 0.13, 0.13, 0.15, 0.16 y 0.17 y el coeficiente de variación es 5.29%, 3.45%, 3.28%, 3.72%, 3.82% y 3.90 % respectivamente, al ser un valor por debajo del 7% se deduce que el emisor no tiene uniformidad de fabricación.



**Figura 28.** Diferenciación del coeficiente de variación del gotero rain bird 2.40 l/h

Cabe recalcar que los emisores con coeficiente de variación (C.V) menores al 7%, están sugeridos por la norma española UNE-EN ISO 9261, lo cual refleja la uniformidad de distribución de salida de caudales por cada emisor a una determinada presión, Por tanto, un emisor será más eficiente y más regular en su funcionamiento comparado con otro cuando los valores de x sean más bajos y un coeficiente de variación menor al 7%. Debemos fijarnos por tanto en esta importante característica.

## 4.2. Relación de caudal – presión

### 4.2.1. Gotero Azud premier 1.60 l/h

**Tabla 17** Resumen de las mediciones de caudales emisor azud premier 1.60 l/h

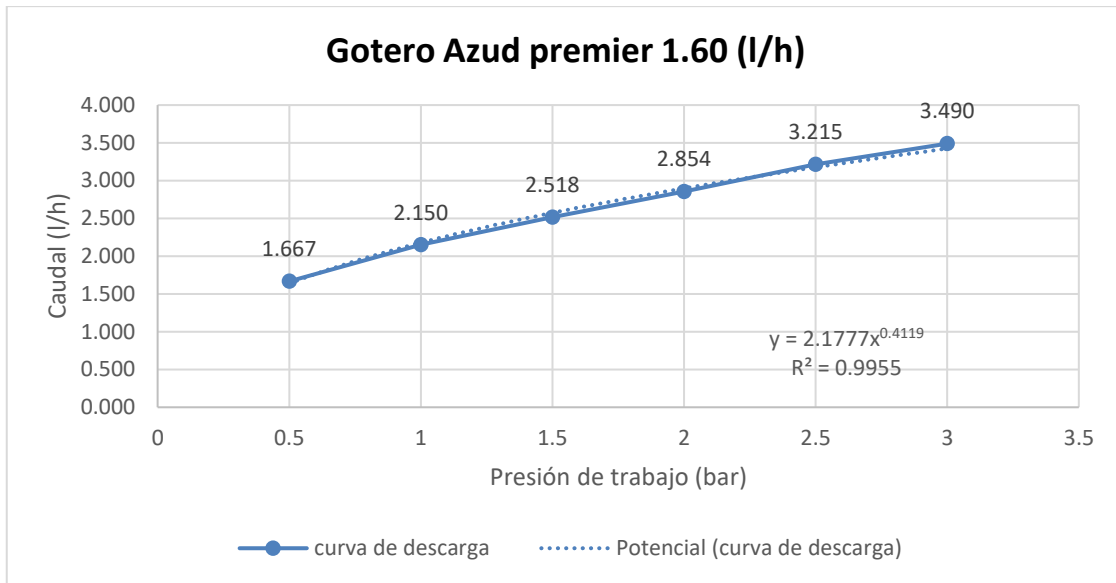
Nº	Gotero Azud premier	Presión (bar)						
		0.0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
1	Caudal Qn=1.60 (l/h)	0.000	1.667	2.150	2.518	2.854	3.215	3.490

Los caudales se midieron de acuerdo a la presión de trabajo, en forma ascendente de 0 m.c.a a 30 m.c.a notándose para este tipo de emisor el caudal aumenta progresivamente según aumenta la presión generando una curva positiva. Los caudales mostrados en la tabla 17, son el resultado del promedio de las 3 mediciones , a una presión de 0.5 bares un caudal medido de 1.667 l/h, presentando un caudal de 2.150 l/h a la presión nominal, una presión de 1.5 bares un caudal medido de 2.518 l/h, a una presión de 2.0 bares un caudal medido de 2.854 l/h, presión de 2.5 bares un caudal medido de 3.215 l/h, presión de 3.0 bares un caudal medido de 3.490 l/h, como se puede observar, los caudales aumentaron proporcionalmente a la presión.

En la figura 29 se muestra la curva característica de caudal-presión, gráficamente se observa como las presiones influyen de manera significativa sobre las descargas, la ecuación deducida para estimar los caudales a diferentes presiones del gotero azul premier de caudal nominal 1.60 l/h, según la formula mencionada en la norma UNE EN ISO 9261, sigue una distribución exponencial, con un coeficiente de correlación  $r^2=0.9955$  es:

$$q = 2.1777k^{0.4119} \text{ (l/h)}$$

El coeficiente de descarga de un gotero varia de 0 a 1, ningún emisor tendrá un valor de 0, pero se aproximará a él, el valor 0.4119 indica que los caudales emitidos serán sensibles a las variaciones de presión lo que limitará la máxima longitud que podrán alcanzar e influirá además en la uniformidad de la emisión del agua según presiones optadas.



**Figura 29.** Curva característica caudal-presión del emisor azud premier 1.60 l/h.

#### 4.2.2. Gotero Rain bird 2.40 l/h

**Tabla 18** Resumen de las mediciones de caudales emisor rain bird 2.40 l/h

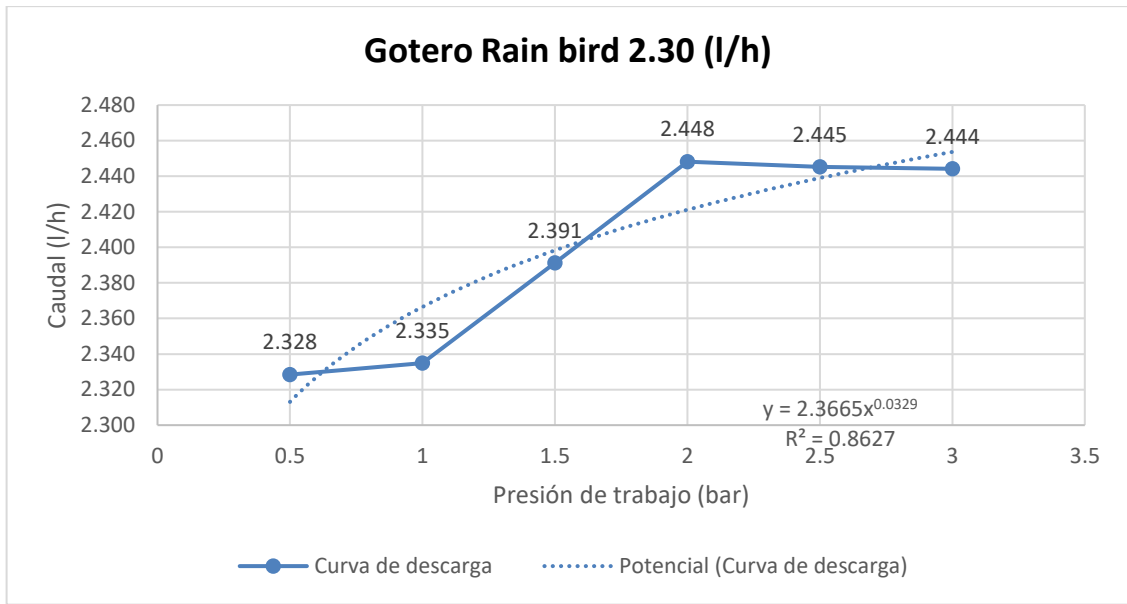
N°	Gotero Rain bird	Presión (bar)						
		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
1	Caudal $Q_n=2.40$ (l/h)	0.000	2.328	2.335	2.391	2.448	2.445	2.444

A presión de 0.5 bares un caudal medido de 2.328 l/h, a la presión nominal se ha medido un caudal de 2.335 l/h, una presión de 1.5 bares un caudal medido de 2.391 l/h, a una presión de 2.0 bares un caudal medido de 2.448 l/h, presión de 2.5 bares un caudal medido de 2.445 l/h, presión de 3.0 bares un caudal medido de 2.444 l/h, como se puede observar, los caudales aumentaron proporcionalmente a la presión, la ecuación del emisor evaluado según la fórmula mencionada en la norma UNE EN ISO 9261, sigue una distribución exponencial, con un coeficiente de correlación  $r^2=0.8627$  es:

$$q = 2.3665k^{0.0329} \text{ (l/h)}$$

el valor del exponente de la ecuación de descarga igual a 0.0329 indica que el caudal varía muy poco ante los cambios de la presión del agua. En este caso las tuberías laterales podrán alcanzar una mayor longitud y tendrán un buen comportamiento en terrenos con pendiente, tanto ascendente como descendente que podrán alcanzar e influirá además en la uniformidad de la emisión del agua según presiones optadas.





**Figura 30.** Curva característica caudal-presión del emisor rain bird 2.30 l/h.

#### 4.2.3. Gotero Desmontable Rambo 8 l/h

**Tabla 19** Resumen de las mediciones de caudales emisor rambo 8.0 l/h

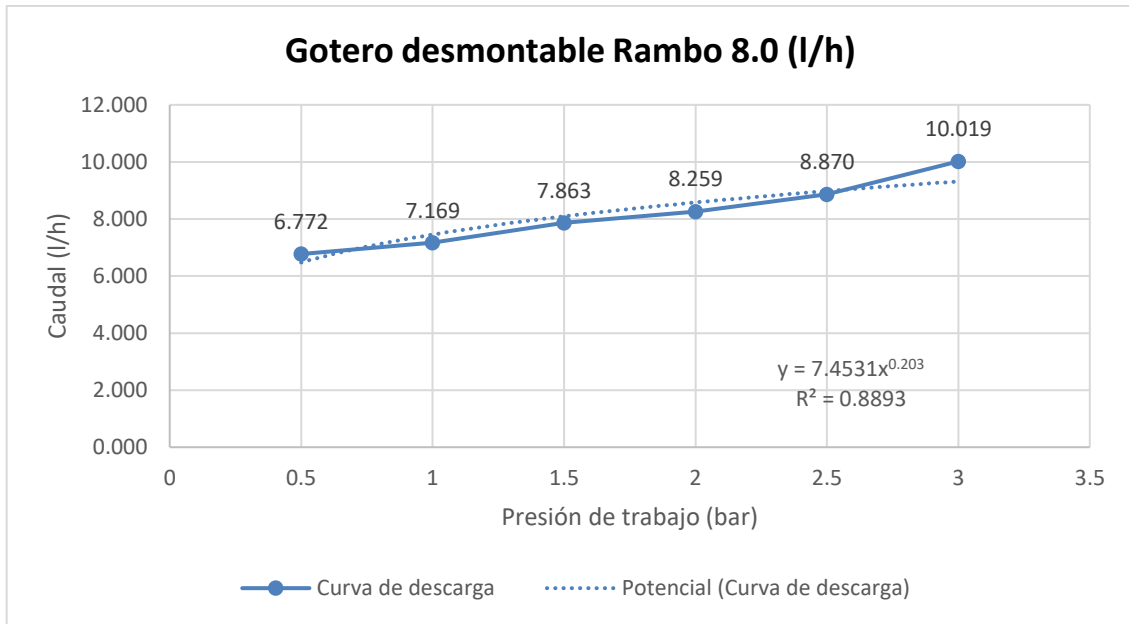
N°	Gotero de botón MicroFlapper	Presión (bar)						
		0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	Caudal Qn=8.0 (l/h)	0.000	6.772	7.169	7.863	8.259	8.870	10.019

Los caudales se midieron de acuerdo a la presión, en forma ascendente de 0 m.c.a a 30 m.c.a Los caudales mostrados a una presión dada son el resultado del promedio de las 3 mediciones , a una presión de 0.5 bares un caudal medido de 6.772 l/h, a una presión de 1.0 bar se ha medido un caudal de 7.169 l/h, una presión de 1.5 bares un caudal medido de 7.863 l/h, a una presión de 2.0 bares un caudal medido de 8.259 l/h, presión de 2.5 bares un caudal medido de 8.870 l/h, presión de 3.0 bares un caudal medido de 10.019 l/h, como se puede observar, los caudales aumentaron proporcionalmente a la presión, la ecuación del emisor evaluado con un coeficiente de correlación  $r^2=0.8893$  es:

$$q = 7.4531k^{0.203} \text{ (l/h)}$$

el valor del exponente de la ecuación de descarga igual a 0.203 indica que el caudal varía poco ante los cambios de la presión del agua. En este caso las tuberías laterales podrán alcanzar una mayor longitud y tendrán un buen comportamiento en terrenos con

pendiente, tanto ascendente como descendente que podrán alcanzar e influirá además en la uniformidad de la emisión del agua según presiones optadas.



**Figura 31.** Curva característica caudal-presión del emisor rambo 8 l/h

#### 4.2.4. Gotero Desmontable Rambo 4 l/h

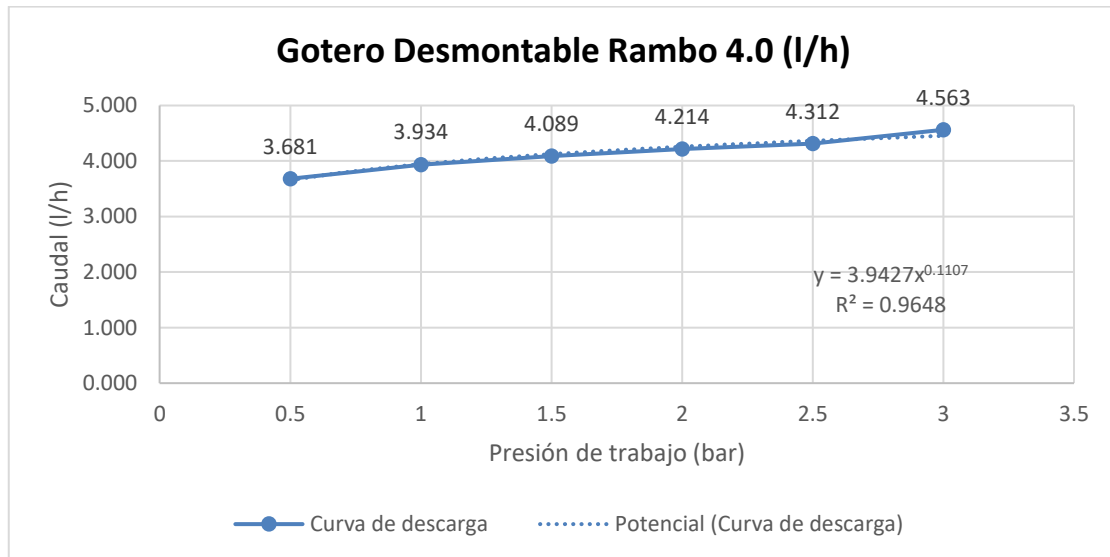
**Tabla 20** Resumen de las mediciones de caudales emisor rambo 4.0 l/h

N°	Gotero desmontable	Presión (bar)						
		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
1	Caudal Qn=4.0 (l/h)	0	3.681	3.934	4.089	4.214	4.312	4.563

Los caudales se midieron de acuerdo a la presión, en forma ascendente de 0 m.c.a a 30 m.c.a Los caudales mostrados a una presión dada son el resultado del promedio de las 3 mediciones , a una presión de 0.5 bares un caudal medido de 3.681 l/h, a una presión de 1.0 bar se ha medido un caudal de 3.934 l/h, una presión de 1.5 bares un caudal medido de 4.089 l/h, a una presión de 2.0 bares un caudal medido de 4.214 l/h, presión de 2.5 bares un caudal medido de 4.312 l/h, presión de 3.0 bares un caudal medido de 4.563 l/h, como se puede observar, los caudales aumentaron proporcionalmente a la presión, la ecuación del emisor evaluado con un coeficiente de correlación  $r^2=0.9648$  es:

$$q = 3.9427k^{0.1107} \text{ (l/h)}$$

el valor del exponente de la ecuación de descarga igual a 0.1107, la cual se aproxima a 0 indica que el caudal varía poco ante los cambios de la presión del agua. En este caso las tuberías laterales podrán alcanzar una mayor longitud y tendrán un buen comportamiento en terrenos con pendiente, tanto ascendente como descendente que podrán alcanzar e influirá además en la uniformidad de la emisión del agua según presiones optadas.



**Figura 32.** Curva característica caudal-presión del emisor rambo 4.0 l/h

#### 4.2.5. Gotero MicroFlapper 4 l/h

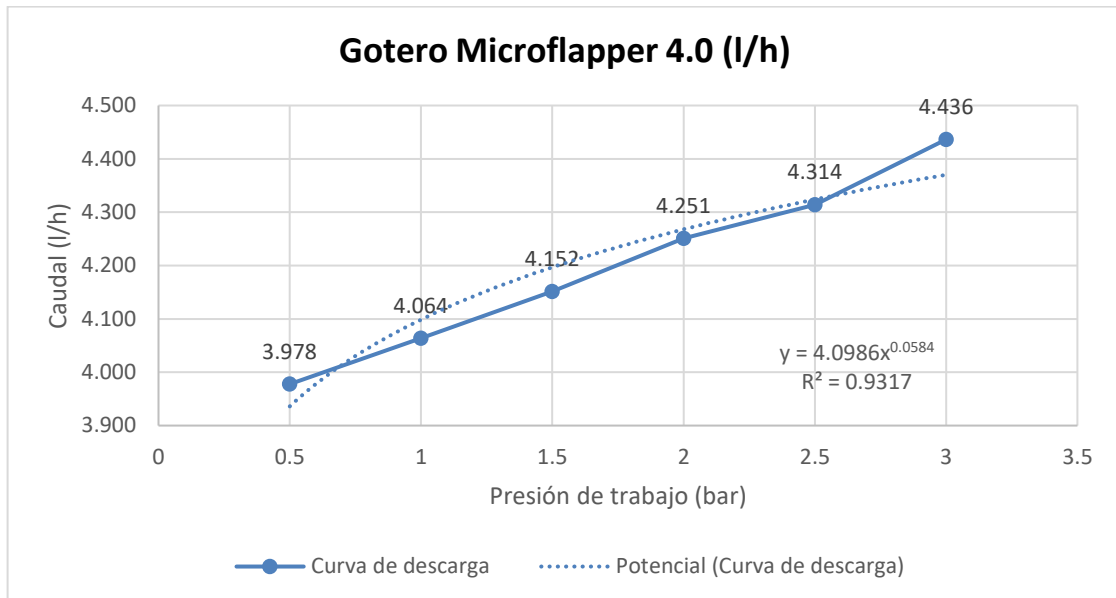
**Tabla 21** Resumen de las mediciones de caudales emisor microflapper 4.0 l/h

N°	Gotero de botón MicroFlapper	Presión (bar)						
		0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1	Caudal $Q_n=4.0$ (l/h)	0.000	3.978	4.064	4.152	4.251	4.314	4.436

Los caudales se midieron de acuerdo a la presión, en forma ascendente de 0 m.c.a a 30 m.c.a. Los caudales mostrados a una presión dada son el resultado del promedio de las 3 mediciones, a una presión de 0.5 bares un caudal medido de 3.978 l/h, a una presión de 1.0 bar se ha medido un caudal de 4.064 l/h, una presión de 1.5 bares un caudal medido de 4.152 l/h, a una presión de 2.0 bares un caudal medido de 4.251 l/h, presión de 2.5 bares un caudal medido de 4.314 l/h, presión de 3.0 bares un caudal medido de 4.436 l/h, como se puede observar, los caudales aumentaron proporcionalmente a la presión, la ecuación del emisor evaluado con un coeficiente de correlación  $r^2=0.9317$  es:

$$q = 4.098k^{0.0584} \text{ (l/h)}$$

el valor del exponente de la ecuación de descarga igual a 0.0584, la cual tiende a 0 indica que el caudal varía muy poco ante los cambios de la presión del agua. En este caso las tuberías laterales podrán alcanzar una mayor longitud y tendrán un buen comportamiento en terrenos con pendiente, tanto ascendente como descendente que podrán alcanzar e influirá además en la uniformidad de la emisión del agua según presiones optadas.



**Figura 33.** Curva característica caudal-presión del emisor microflapper 4.0 l/h

#### 4.2.6. Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h

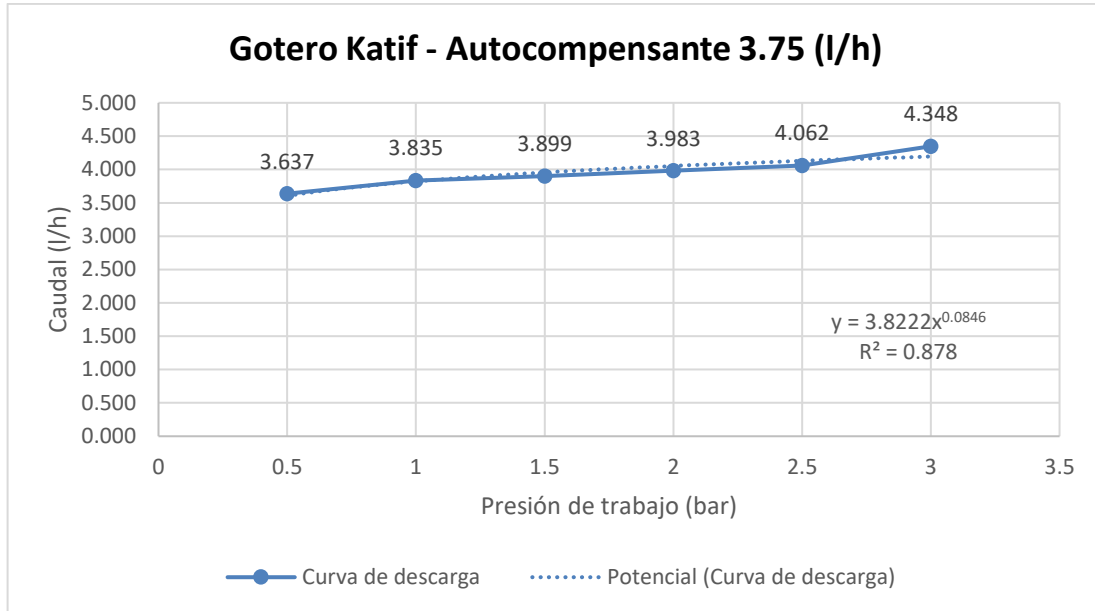
**Tabla 22** Resumen de las mediciones de caudales emisor katif 3.75 l/h

N°	Gotero Katif	Presión (bar)						
		0.0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
1	Caudal Qn=3.75 (l/h)	0.000	3.637	3.835	3.899	3.983	4.062	4.348

Los caudales se midieron de acuerdo a la presión, en forma ascendente de 0 m.c.a a 30 m.c.a los caudales se midieron de acuerdo a la presión, en forma ascendente de 0 m.c.a a 30 m.c.a los caudales mostrados a una presión dada son el resultado del promedio de las 3 mediciones , a una presión de 0.5 bares un caudal medido de 3.637 l/h, a una presión de 1.0 bar se ha medido un caudal de 3.835 l/h, una presión de 1.5 bares un caudal medido de 3.899 l/h, a una presión de 2.0 bares un caudal medido de 3.983 l/h, presión de 2.5 bares un caudal medido de 4.062 l/h, presión de 3.0 bares un caudal medido de 4.348 l/h,

como se puede observar, los caudales aumentaron proporcionalmente a la presión, la ecuación del emisor evaluado con un coeficiente de correlación  $r^2=0.878$  es:

$$q = 3.8222k^{0.0846} \text{ (l/h)}$$



**Figura 34.** Curva característica caudal-presión del emisor microflapler 4.0 l/h

El valor del exponente de descarga ( $m$ ) varía de 0 a 1. Según Pizarro (1996), un emisor autocompensante perfecto teóricamente tendrá un exponente igual a cero, Arviza (2015), también menciona un emisor autocompensante tendrá un exponente que varía de 0 a 0.3, en la práctica ningún emisor tendrá un valor de 0, pero se aproximará a él, los goteos sometidos al banco de pruebas; son los llamados emisores compensantes, en los que el caudal varía muy poco ante los cambios de la presión del agua. En este caso las tuberías laterales podrán alcanzar una mayor longitud y tendrán un buen comportamiento en terrenos con pendiente, tanto ascendente como descendente. La distribución del agua, distribución de fertilizantes será uniforme y tendremos un desarrollo homogéneo del cultivo. Por el contrario, según Pizarro (1996), los emisores de régimen laminar tienen un exponente igual a 1, aquellos emisores cuyo valor de  $m$  se aproxime a 1 indicará que los caudales emitidos serán sensibles a las variaciones de presión lo que limitará la máxima longitud que podrán alcanzar e influirá además en la uniformidad de la emisión del agua.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se ha logrado diseñar y construir el banco de ensayos, que consta de una estructura metálica que sostiene una bandeja de captaciones. Las dimensiones son de dos metros de largo por uno de ancho y 0.90 de alto. Presenta salidas con rosca de PVC de 3/4 de pulgada, para tubos niple de 19.05 mm, se ha podido efectuar todas las evaluaciones técnicas contenidas según la Norma española UNE-EN ISO 9261, la misma que es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 9261:2010, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 9261:2004.
- Los emisores evaluados bajo condiciones de laboratorio fueron de tipo turbulento, debido a que el exponente de los goteros obtenidos es menor a 0.50.

Nº	Gotero	exponente m	C.V
1	Rain bird (2.4 l/h)	0.0329	menor al 7%
2	Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	0.0584	menor al 7%
3	gotero Katif – Autocompensante 3.75	0.0846	menor al 7%
4	Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	0.1107	mayor al 7%
5	Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	0.2030	mayor al 7%
6	Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	0.4119	menor al 7%

- Los seis modelos de goteros comerciales evaluados estadísticamente, se aceptan solamente cuatro de ellos, los modelos Azud Premier 1.6 l/h y Rain Bird 2.3 l/h, son los que mejor se desempeñaron, seguidos de los goteros MicroFlapper 4.0 l/h y Katif-Auto compensado 3.75 l/h; los goteros comerciales Rambo 4 y 8 l/h, arrojan valores por encima del 7% de C.V, lo que los hace no recomendables para el riego, según la norma UNE EN-ISO 9261.
- Las curvas características o caudal-presión se ajustaron a las ecuaciones potenciales:

Nº	Gotero	exponente m	Correlación
1	Rain bird (2.4 l/h)	$q = 2.1777k^{0.4119}$	0.9955
2	Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	$q = 2.3665k^{0.0329}$	0.8627
3	gotero Katif – Autocompensante 3.75	$q = 7.4531k^{0.203}$	0.8893
4	Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	$q = 3.9427k^{0.1107}$	0.9648
5	Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	$q = 4.098k^{0.0584}$	0.9317
6	Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	$q = 3.8222k^{0.0846}$	0.8780

- El exponente positivo de la ecuación del emisor revela una relación directa entre el caudal y la presión, en sus respectivas curvas características, cuando el exponente tiende a cero, el emisor tiene un comportamiento de régimen turbulento.
- En cuanto a las mediciones, la confiabilidad de las mediciones está relacionada directamente a la toma de datos en la balanza electrónica, y el tiempo de llenado de recipientes, se ha obtenido una relación alta de confiabilidad entre las 3 mediciones realizadas.

## 5.2. Recomendaciones

A continuación, se dan algunas recomendaciones y sugerencias para futuras investigaciones y desarrollo de estudios afines.

- Teniendo en cuenta que los procesos de fabricación de goteros no son perfectos, se recomienda realizar de manera más extendida la evaluación de parámetros hidráulicos de las diferentes marcas y modelos de emisores en el banco de pruebas, siguiendo la metodología propuesta en la presente tesis referenciada a base de la norma UNE EN-ISO 9261 (2010), puesto que algunos fabricantes no proporcionan esos valores, que es muy importante para alcanzar la eficiencia adecuada de los emisores una vez instalados en campo.
- El banco de pruebas instalado es manual, por lo que generara algunos errores mínimos, pese a ello es adecuado para realizar estas evaluaciones. Se recomienda su utilización.
- Con las ecuaciones obtenidos de la curva caudal – presión se puede llevar a cabo el diseño de las unidades de riego.



## VI. BIBLIOGRAFÍA

Balbastre Peralta, I., Sanchis Alos, L., Royuela Tomás, Á., Árviza Valverde, J., & Turegano Pastor, J. V. (2015). Desarrollo y calibración del banco de ensayo para emisores de riego localizado del laboratorio de hidráulica y riegos (lhir) de la upv. *Editorial Universito Politécnica de Valencia*. 440–449. Doi: <https://doi.org/10.4995/cnriegos.2015.1517>

Rocío Pastor, J., & Ángel Narro, D. (2015). Evaluación del Comportamiento hidráulico de doce modelos de goteros de bajo caudal, *Anales Científicos*, 76 (2): 338-343 (2015). Doi: <https://doi.org/10.4995/cnriegos.2015.1517>

Vargas Loyo, A. (2008). *Evaluación de la uniformidad de distribución del agua de seis cintas de goteo en condiciones de El Zamorano* (Tesis de pregrado). El zamorano, Honduras.

Sánchez, J. E., Tamayo, J. H., & Herrera, J. G. (2014). Evaluación de goteros utilizados en micro irrigación en Colombia. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 7(2), 186-200. <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2234>

Loba, J., Ramírez, S., y Díaz J. E.. (2011), Evaluación del coeficiente de uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en capas, *Revista EIA*, 8 (16), 29-41. doi: <http://hdl.handle.net/11190/140>

Berlijn, J. y Brouwer, C. (2008). *Riego y Drenaje*. México, México: Editorial Trillas.

Rodrigo, J., Hernández, J. Pérez, A., Gonzales, J. (1992). Madrid, España: Ediciones mundo prensa.

Durán, F., M. (2012). *Sistemas de riegos*. Medellín, Colombia: Grupo Latino Editores

Árviza, J. (2015). *Riego Localizado*. Madrid, España: Servicio de publicaciones universidad politécnica de valencia

Blair, E. (1979). *Riego Por Goteo*. San José, Costa Rica: IICA.

Pizarro, F. (1996). *Riego Localizado de Alta Frecuencia*. Barcelona, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Comité Europeo de Normalización - CEN (2011). Equipos de riego Emisores y tuberías emisoras Especificaciones y métodos de ensayo. *Revista AENOR*, 16, 01 – 22. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0046292>

Medina, J. (1981). *Riego por goteo*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa libros

Mott, R. L. y Untener, J. A. (2015). *Mecánica de fluidos*. Distrito federal, México: Pearson Educación

## **VII. ANEXOS**

**Anexo 1:** Registro de mediciones tomados en campo

Gotero Azud premier 1.60 (l/h)

N°	Prueba N° 01				Prueba N° 02			
	Presión: Medida 01 (gr)	0.50 bar Medida 02 (gr) Medida 03 (gr)		PROMEDIO	Presión: Medida 01 (gr)	1.00 bar Medida 02 (gr) Medida 03 (gr)		PROMEDIO
1	299.00	298.00	300.00	<b>299.00</b>	369.00	370.00	371.00	<b>370.00</b>
2	291.00	290.00	291.00	<b>290.67</b>	401.00	400.00	399.00	<b>400.00</b>
3	298.00	296.00	300.00	<b>298.00</b>	385.00	383.00	386.00	<b>384.67</b>
4	284.00	286.00	286.00	<b>285.33</b>	364.00	363.00	362.00	<b>363.00</b>
5	294.00	296.00	292.00	<b>294.00</b>	345.00	342.00	344.00	<b>343.67</b>
6	291.00	293.00	290.00	<b>291.33</b>	381.00	381.00	381.00	<b>381.00</b>
7	293.00	293.00	293.00	<b>293.00</b>	374.00	373.00	373.00	<b>373.33</b>
8	283.00	283.00	283.00	<b>283.00</b>	364.00	362.00	365.00	<b>363.67</b>
9	292.00	290.00	292.00	<b>291.33</b>	377.00	379.00	375.00	<b>377.00</b>
10	299.00	297.00	298.00	<b>298.00</b>	368.00	369.00	367.00	<b>368.00</b>
11	296.00	298.00	295.00	<b>296.33</b>	376.00	378.00	374.00	<b>376.00</b>
12	297.00	297.00	299.00	<b>297.67</b>	376.00	375.00	378.00	<b>376.33</b>
13	291.00	289.00	293.00	<b>291.00</b>	367.00	367.00	367.00	<b>367.00</b>
14	281.00	280.00	283.00	<b>281.33</b>	375.00	373.00	373.00	<b>373.67</b>
15	295.00	294.00	294.00	<b>294.33</b>	370.00	369.00	372.00	<b>370.33</b>
16	292.00	294.00	290.00	<b>292.00</b>	366.00	365.00	365.00	<b>365.33</b>
17	293.00	295.00	294.00	<b>294.00</b>	378.00	377.00	380.00	<b>378.33</b>
18	296.00	295.00	294.00	<b>295.00</b>	377.00	378.00	378.00	<b>377.67</b>
19	293.00	294.00	292.00	<b>293.00</b>	385.00	384.00	386.00	<b>385.00</b>
20	293.00	295.00	295.00	<b>294.33</b>	355.00	358.00	359.00	<b>357.33</b>
21	297.00	298.00	299.00	<b>298.00</b>	367.00	368.00	369.00	<b>368.00</b>
22	297.00	298.00	297.00	<b>297.33</b>	377.00	375.00	375.00	<b>375.67</b>
23	296.00	295.00	298.00	<b>296.33</b>	372.00	374.00	372.00	<b>372.67</b>
24	299.00	301.00	300.00	<b>300.00</b>	380.00	381.00	380.00	<b>380.33</b>
25	292.00	292.00	290.00	<b>291.33</b>	370.00	371.00	369.00	<b>370.00</b>

N°	Prueba N° 03:				Prueba N° 04:			
	Presión Medida 01 (gr)	1.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	2.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	451.00	450.00	452.00	<b>451.00</b>	501.00	501.00	501.00	<b>501.00</b>
2	440.00	438.00	440.00	<b>439.33</b>	473.00	471.00	472.00	<b>472.00</b>
3	436.00	436.00	434.00	<b>435.33</b>	486.00	484.00	488.00	<b>486.00</b>
4	432.00	432.00	431.00	<b>431.67</b>	486.00	485.00	487.00	<b>486.00</b>
5	444.00	446.00	443.00	<b>444.33</b>	494.00	492.00	494.00	<b>493.33</b>
6	435.00	436.00	437.00	<b>436.00</b>	498.00	497.00	498.00	<b>497.67</b>
7	432.00	433.00	430.00	<b>431.67</b>	494.00	493.00	496.00	<b>494.33</b>
8	430.00	430.00	428.00	<b>429.33</b>	486.00	485.00	488.00	<b>486.33</b>
9	442.00	441.00	440.00	<b>441.00</b>	481.00	479.00	481.00	<b>480.33</b>
10	420.00	421.00	419.00	<b>420.00</b>	488.00	487.00	489.00	<b>488.00</b>
11	432.00	434.00	431.00	<b>432.33</b>	489.00	491.00	490.00	<b>490.00</b>
12	435.00	436.00	436.00	<b>435.67</b>	502.00	504.00	504.00	<b>503.33</b>
13	440.00	441.00	440.00	<b>440.33</b>	494.00	496.00	496.00	<b>495.33</b>
14	432.00	434.00	434.00	<b>433.33</b>	490.00	489.00	492.00	<b>490.33</b>
15	433.00	434.00	433.00	<b>433.33</b>	486.00	486.00	484.00	<b>485.33</b>
16	439.00	437.00	439.00	<b>438.33</b>	504.00	502.00	506.00	<b>504.00</b>
17	412.00	413.00	411.00	<b>412.00</b>	493.00	493.00	491.00	<b>492.33</b>
18	447.00	445.00	446.00	<b>446.00</b>	503.00	503.00	505.00	<b>503.67</b>
19	434.00	433.00	435.00	<b>434.00</b>	486.00	485.00	486.00	<b>485.67</b>
20	433.00	431.00	433.00	<b>432.33</b>	488.00	489.00	490.00	<b>489.00</b>
21	441.00	443.00	443.00	<b>442.33</b>	440.00	441.00	439.50	<b>440.17</b>
22	444.00	444.00	444.00	<b>444.00</b>	513.00	515.00	513.00	<b>513.67</b>
23	398.00	399.00	397.00	<b>398.00</b>	501.00	501.00	503.00	<b>501.67</b>
24	425.00	424.00	426.00	<b>425.00</b>	497.00	498.00	495.00	<b>496.67</b>
25	442.00	441.00	442.00	<b>441.67</b>	470.00	471.00	472.00	<b>471.00</b>

N°	Prueba N° 05				Prueba N° 06			
	Presión Medida 01 (gr)	2.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	<b>PROMEDIO</b>	Presión Medida 01 (gr)	3.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	<b>PROMEDIO</b>
1	580.00	581.00	580.50	<b>580.50</b>	635.00	636.00	634.00	<b>635.00</b>
2	547.00	547.00	545.00	<b>546.33</b>	607.00	605.00	609.00	<b>607.00</b>
3	574.00	575.00	575.00	<b>574.67</b>	631.00	632.00	630.00	<b>631.00</b>
4	554.00	555.00	552.00	<b>553.67</b>	598.00	600.00	599.00	<b>599.00</b>
5	569.00	568.00	568.00	<b>568.33</b>	572.00	573.00	571.00	<b>572.00</b>
6	550.00	552.00	548.00	<b>550.00</b>	588.00	589.00	588.00	<b>588.33</b>
7	547.00	548.00	545.00	<b>546.67</b>	597.00	598.00	595.00	<b>596.67</b>
8	539.00	538.00	538.00	<b>538.33</b>	579.00	580.00	580.00	<b>579.67</b>
9	553.00	555.00	552.00	<b>553.33</b>	601.00	600.00	599.00	<b>600.00</b>
10	547.00	548.00	547.00	<b>547.33</b>	590.00	589.00	589.00	<b>589.33</b>
11	537.00	538.00	536.00	<b>537.00</b>	584.00	586.00	582.00	<b>584.00</b>
12	556.00	557.00	554.00	<b>555.67</b>	587.00	586.00	589.00	<b>587.33</b>
13	555.00	557.00	554.00	<b>555.33</b>	582.00	580.00	583.00	<b>581.67</b>
14	540.00	538.00	541.00	<b>539.67</b>	593.00	595.00	592.00	<b>593.33</b>
15	545.00	543.00	546.00	<b>544.67</b>	622.00	621.00	620.00	<b>621.00</b>
16	520.00	521.00	520.50	<b>520.50</b>	595.00	596.00	593.00	<b>594.67</b>
17	546.00	547.00	545.00	<b>546.00</b>	622.00	621.00	620.50	<b>621.17</b>
18	567.00	567.00	566.00	<b>566.67</b>	580.00	581.00	580.00	<b>580.33</b>
19	547.00	549.00	548.00	<b>548.00</b>	577.00	579.00	576.00	<b>577.33</b>
20	560.00	560.00	558.00	<b>559.33</b>	560.00	561.00	562.00	<b>561.00</b>
21	545.00	547.00	545.00	<b>545.67</b>	592.00	594.00	590.00	<b>592.00</b>
22	570.00	571.00	572.00	<b>571.00</b>	591.00	593.00	590.00	<b>591.33</b>
23	553.00	554.00	553.00	<b>553.33</b>	587.00	587.00	586.00	<b>586.67</b>
24	535.00	533.00	535.00	<b>534.33</b>	609.00	608.00	609.00	<b>608.67</b>
25	510.00	509.00	510.50	<b>509.83</b>	610.00	611.00	612.00	<b>611.00</b>

**Gotero Rain Bird 2.3 l/h**

N°	Prueba N° 01				Prueba N° 02			
	Presión: Medida 01 (gr)	0.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión: Medida 01 (gr)	1.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	409.00	411.00	407.00	<b>409.00</b>	404.00	402.00	406.00	<b>404.00</b>
2	397.00	395.00	398.00	<b>396.67</b>	392.00	393.00	393.00	<b>392.67</b>
3	390.00	390.00	390.00	<b>390.00</b>	400.00	399.00	402.00	<b>400.33</b>
4	402.00	402.00	403.00	<b>402.33</b>	401.00	399.00	401.00	<b>400.33</b>
5	397.00	399.00	395.00	<b>397.00</b>	412.00	413.00	412.00	<b>412.33</b>
6	397.00	398.00	399.00	<b>398.00</b>	412.00	412.00	413.00	<b>412.33</b>
7	402.00	403.00	400.00	<b>401.67</b>	393.00	392.00	393.00	<b>392.67</b>
8	397.00	395.00	399.00	<b>397.00</b>	400.00	400.00	400.00	<b>400.00</b>
9	417.00	419.00	415.00	<b>417.00</b>	404.00	403.00	406.00	<b>404.33</b>
10	395.00	395.00	397.00	<b>395.67</b>	399.00	401.00	400.00	<b>400.00</b>
11	406.00	407.00	407.00	<b>406.67</b>	396.00	397.00	394.00	<b>395.67</b>
12	408.00	410.00	407.00	<b>408.33</b>	399.00	400.00	400.00	<b>399.67</b>
13	409.00	410.00	408.00	<b>409.00</b>	406.00	406.00	404.00	<b>405.33</b>
14	404.00	403.00	406.00	<b>404.33</b>	395.00	394.00	397.00	<b>395.33</b>
15	396.00	394.00	395.00	<b>395.00</b>	416.00	415.00	416.00	<b>415.67</b>
16	395.00	394.00	395.00	<b>394.67</b>	406.00	407.00	408.00	<b>407.00</b>
17	412.00	414.00	410.00	<b>412.00</b>	416.00	415.00	416.00	<b>415.67</b>
18	413.00	414.00	413.00	<b>413.33</b>	398.00	400.00	397.00	<b>398.33</b>
19	397.00	398.00	396.00	<b>397.00</b>	395.00	393.00	395.00	<b>394.33</b>
20	406.00	406.00	405.00	<b>405.67</b>	396.00	397.00	394.00	<b>395.67</b>
21	402.00	400.00	401.00	<b>401.00</b>	393.00	393.00	393.00	<b>393.00</b>
22	404.00	405.00	402.00	<b>403.67</b>	421.00	421.00	421.00	<b>421.00</b>
23	396.00	396.00	398.00	<b>396.67</b>	420.00	421.00	421.00	<b>420.67</b>
24	402.00	404.00	404.00	<b>403.33</b>	407.00	408.00	408.00	<b>407.67</b>
25	405.00	403.00	405.00	<b>404.33</b>	402.00	404.00	400.00	<b>402.00</b>

	<b>Prueba N° 03</b>				<b>Prueba N° 04</b>			
	Presión	1.50 bar			Presión	2.00 bar		
	Medida 01	Medida 02	Medida 03	<b>PROMEDIO</b>	Medida 01	Medida 02	Medida 03	<b>PROMEDIO</b>
	(gr)	(gr)	(gr)		(gr)	(gr)	(gr)	
1	420.00	421.00	421.00	<b>420.67</b>	430.00	431.00	429.00	<b>430.00</b>
2	417.00	419.00	415.00	<b>417.00</b>	421.00	421.00	422.00	<b>421.33</b>
3	414.00	416.00	412.00	<b>414.00</b>	416.00	415.00	414.00	<b>415.00</b>
4	402.00	401.00	400.00	<b>401.00</b>	427.00	429.00	427.00	<b>427.67</b>
5	420.00	418.00	419.00	<b>419.00</b>	428.00	427.00	430.00	<b>428.33</b>
6	408.00	410.00	408.00	<b>408.67</b>	428.00	427.00	427.00	<b>427.33</b>
7	425.00	423.00	425.00	<b>424.33</b>	425.00	424.00	426.00	<b>425.00</b>
8	418.00	420.00	419.00	<b>419.00</b>	430.00	428.00	428.00	<b>428.67</b>
9	429.00	431.00	427.00	<b>429.00</b>	418.00	418.00	420.00	<b>418.67</b>
10	405.00	404.00	403.00	<b>404.00</b>	424.00	426.00	426.00	<b>425.33</b>
11	424.00	426.00	424.00	<b>424.67</b>	422.00	424.00	420.00	<b>422.00</b>
12	398.00	397.00	396.00	<b>397.00</b>	426.00	427.00	425.00	<b>426.00</b>
13	407.00	407.00	408.00	<b>407.33</b>	426.00	427.00	428.00	<b>427.00</b>
14	404.00	406.00	404.00	<b>404.67</b>	417.00	419.00	418.00	<b>418.00</b>
15	412.00	414.00	411.00	<b>412.33</b>	418.00	416.00	418.00	<b>417.33</b>
16	420.00	418.00	421.00	<b>419.67</b>	424.00	426.00	425.00	<b>425.00</b>
17	409.00	411.00	410.00	<b>410.00</b>	423.00	422.00	421.00	<b>422.00</b>
18	409.00	410.00	410.00	<b>409.67</b>	423.00	423.00	422.00	<b>422.67</b>
19	400.00	398.00	401.00	<b>399.67</b>	416.00	414.00	414.00	<b>414.67</b>
20	406.00	404.00	405.00	<b>405.00</b>	425.00	426.00	425.00	<b>425.33</b>
21	417.00	416.00	417.00	<b>416.67</b>	420.00	418.00	422.00	<b>420.00</b>
22	416.00	417.00	415.00	<b>416.00</b>	414.00	415.00	416.00	<b>415.00</b>
23	413.00	415.00	414.00	<b>414.00</b>	420.00	420.00	418.00	<b>419.33</b>
24	420.00	418.00	419.00	<b>419.00</b>	417.00	417.00	419.00	<b>417.67</b>
25	407.00	409.00	409.00	<b>408.33</b>	418.00	419.00	417.00	<b>418.00</b>

N°	Prueba N° 05				Prueba N° 06			
	Presión Medida 01 (gr)	2.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	3.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	435.00	436.00	435.50	<b>435.50</b>	435.00	435.00	436.00	<b>435.33</b>
2	422.00	421.00	423.00	<b>422.00</b>	423.00	423.00	423.00	<b>423.00</b>
3	415.00	415.00	415.00	<b>415.00</b>	417.00	415.00	415.00	<b>415.67</b>
4	429.00	429.00	426.00	<b>428.00</b>	430.00	430.00	429.00	<b>429.67</b>
5	416.00	427.00	429.00	<b>424.00</b>	417.00	418.00	416.00	<b>417.00</b>
6	418.00	426.00	428.00	<b>424.00</b>	419.00	418.00	420.00	<b>419.00</b>
7	421.00	426.00	423.00	<b>423.33</b>	422.00	422.00	421.00	<b>421.67</b>
8	422.00	430.00	428.00	<b>426.67</b>	422.00	423.00	422.00	<b>422.33</b>
9	425.00	420.00	420.00	<b>421.67</b>	425.00	427.00	426.00	<b>426.00</b>
10	417.00	423.00	423.00	<b>421.00</b>	417.00	417.00	419.00	<b>417.67</b>
11	427.00	424.00	420.00	<b>423.67</b>	429.00	428.00	428.00	<b>428.33</b>
12	411.00	426.00	425.00	<b>420.67</b>	411.00	411.00	412.00	<b>411.33</b>
13	423.00	424.00	424.00	<b>423.67</b>	425.00	423.00	423.00	<b>423.67</b>
14	421.00	416.00	416.00	<b>417.67</b>	422.00	422.00	423.00	<b>422.33</b>
15	417.00	420.00	417.00	<b>418.00</b>	419.00	417.00	417.00	<b>417.67</b>
16	426.00	422.00	424.00	<b>424.00</b>	428.00	426.00	428.00	<b>427.33</b>
17	414.00	422.00	424.00	<b>420.00</b>	414.00	414.00	416.00	<b>414.67</b>
18	424.00	424.00	424.00	<b>424.00</b>	424.00	426.00	425.00	<b>425.00</b>
19	425.00	415.00	418.00	<b>419.33</b>	426.00	426.00	425.00	<b>425.67</b>
20	412.00	426.00	425.00	<b>421.00</b>	414.00	414.00	414.00	<b>414.00</b>
21	411.00	422.00	421.00	<b>418.00</b>	411.00	411.00	412.00	<b>411.33</b>
22	425.00	412.00	412.00	<b>416.33</b>	427.00	427.00	426.00	<b>426.67</b>
23	417.00	421.00	421.00	<b>419.67</b>	417.00	419.00	417.00	<b>417.67</b>
24	423.00	415.00	415.00	<b>417.67</b>	423.00	425.00	424.00	<b>424.00</b>
25	423.00	420.00	418.00	<b>420.33</b>	423.00	424.00	423.00	<b>423.33</b>



**Gotero Desmontable 8 l/h**

N°	Prueba N° 01				Prueba N° 02			
	Presión: Medida 01 (gr)	0.60 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión: Medida 01 (gr)	1.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	687.00	686.00	681.00	<b>684.67</b>	699.00	699.00	703.00	<b>700.33</b>
2	578.00	580.00	579.00	<b>579.00</b>	596.00	597.00	594.00	<b>595.67</b>
3	627.00	632.00	627.00	<b>628.67</b>	636.00	637.00	640.00	<b>637.67</b>
4	603.00	605.00	602.00	<b>603.33</b>	537.00	540.00	541.00	<b>539.33</b>
5	445.00	446.00	445.00	<b>445.33</b>	490.00	490.00	497.00	<b>492.33</b>
6	566.00	563.00	567.00	<b>565.33</b>	617.00	624.00	620.00	<b>620.33</b>
7	697.00	696.00	698.00	<b>697.00</b>	698.00	696.00	700.00	<b>698.00</b>
8	455.00	449.00	451.00	<b>451.67</b>	563.00	561.00	563.00	<b>562.33</b>
9	507.00	504.00	508.00	<b>506.33</b>	723.00	720.00	718.00	<b>720.33</b>
10	609.00	609.00	609.00	<b>609.00</b>	616.00	613.00	618.00	<b>615.67</b>
11	704.00	703.00	702.00	<b>703.00</b>	754.00	754.00	756.00	<b>754.67</b>
12	657.00	663.00	663.00	<b>661.00</b>	669.00	668.00	669.00	<b>668.67</b>
13	701.00	698.00	696.00	<b>698.33</b>	751.00	749.00	749.00	<b>749.67</b>
14	768.00	772.00	766.00	<b>768.67</b>	535.00	535.00	540.00	<b>536.67</b>
15	577.00	577.00	573.00	<b>575.67</b>	644.00	649.00	644.00	<b>645.67</b>
16	471.00	474.00	469.00	<b>471.33</b>	524.00	531.00	527.00	<b>527.33</b>
17	680.00	683.00	680.00	<b>681.00</b>	715.00	712.00	709.00	<b>712.00</b>
18	561.00	561.00	562.00	<b>561.33</b>	593.00	590.00	593.00	<b>592.00</b>
19	510.00	508.00	507.00	<b>508.33</b>	589.00	591.00	587.00	<b>589.00</b>
20	536.00	536.00	530.00	<b>534.00</b>	551.00	549.00	552.00	<b>550.67</b>
21	492.00	493.00	492.00	<b>492.33</b>	591.00	589.00	594.00	<b>591.33</b>
22	559.00	554.00	552.00	<b>555.00</b>	604.00	605.00	608.00	<b>605.67</b>
23	503.00	508.00	510.00	<b>507.00</b>	538.00	543.00	540.00	<b>540.33</b>
24	471.00	466.00	467.00	<b>468.00</b>	471.00	470.00	472.00	<b>471.00</b>
25	501.00	505.00	501.00	<b>502.33</b>	564.00	568.00	566.00	<b>566.00</b>

N°	Prueba N° 03:				Prueba N° 04:			
	Presión Medida 01 (gr)	1.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	2.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	735.00	735.00	736.00	<b>735.33</b>	738.00	742.00	742.00	<b>740.67</b>
2	632.00	638.00	636.00	<b>635.33</b>	649.00	645.00	644.00	<b>646.00</b>
3	640.00	637.00	644.00	<b>640.33</b>	669.00	670.00	666.00	<b>668.33</b>
4	632.00	636.00	633.00	<b>633.67</b>	638.00	645.00	638.00	<b>640.33</b>
5	574.00	571.00	574.00	<b>573.00</b>	662.00	663.00	659.00	<b>661.33</b>
6	624.00	627.00	628.00	<b>626.33</b>	632.00	629.00	632.00	<b>631.00</b>
7	726.00	726.00	730.00	<b>727.33</b>	767.00	768.00	763.00	<b>766.00</b>
8	651.00	658.00	654.00	<b>654.33</b>	688.00	688.00	686.00	<b>687.33</b>
9	727.00	728.00	725.00	<b>726.67</b>	897.00	899.00	897.00	<b>897.67</b>
10	720.00	723.00	723.00	<b>722.00</b>	773.00	773.00	777.00	<b>774.33</b>
11	757.00	762.00	763.00	<b>760.67</b>	781.00	782.00	782.00	<b>781.67</b>
12	705.00	702.00	706.00	<b>704.33</b>	710.00	711.00	710.00	<b>710.33</b>
13	749.00	753.00	748.00	<b>750.00</b>	795.00	795.00	796.00	<b>795.33</b>
14	753.00	755.00	756.00	<b>754.67</b>	785.00	789.00	788.00	<b>787.33</b>
15	654.00	656.00	652.00	<b>654.00</b>	664.00	660.00	666.00	<b>663.33</b>
16	599.00	596.00	592.00	<b>595.67</b>	598.00	599.00	602.00	<b>599.67</b>
17	722.00	722.00	724.00	<b>722.67</b>	744.00	747.00	745.00	<b>745.33</b>
18	658.00	657.00	654.00	<b>656.33</b>	664.00	663.00	658.00	<b>661.67</b>
19	629.00	624.00	626.00	<b>626.33</b>	634.00	635.00	632.00	<b>633.67</b>
20	632.00	632.00	635.00	<b>633.00</b>	659.00	661.00	659.00	<b>659.67</b>
21	606.00	607.00	607.00	<b>606.67</b>	621.00	618.00	618.00	<b>619.00</b>
22	682.00	676.00	681.00	<b>679.67</b>	774.00	775.00	777.00	<b>775.33</b>
23	665.00	665.00	662.00	<b>664.00</b>	673.00	672.00	673.00	<b>672.67</b>
24	551.00	548.00	547.00	<b>548.67</b>	577.00	579.00	574.00	<b>576.67</b>
25	694.00	696.00	695.00	<b>695.00</b>	758.00	753.00	756.00	<b>755.67</b>

N°	Prueba N° 05				Prueba N° 06			
	Presión Medida 01 (gr)	2.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	<b>PROMEDIO</b>	Presión Medida 01 (gr)	3.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	<b>PROMEDIO</b>
1	741.00	741.00	742.00	<b>741.33</b>	983.00	984.00	982.00	<b>983.00</b>
2	750.00	748.00	745.00	<b>747.67</b>	788.00	792.00	791.00	<b>790.33</b>
3	685.00	685.00	678.00	<b>682.67</b>	773.00	779.00	775.00	<b>775.67</b>
4	656.00	653.00	655.00	<b>654.67</b>	707.00	707.00	708.00	<b>707.33</b>
5	771.00	772.00	777.00	<b>773.33</b>	1003.00	1002.00	1006.00	<b>1003.67</b>
6	632.00	629.00	628.00	<b>629.67</b>	1013.00	1009.00	1011.00	<b>1011.00</b>
7	774.00	778.00	776.00	<b>776.00</b>	931.00	931.00	929.00	<b>930.33</b>
8	725.00	724.00	718.00	<b>722.33</b>	822.00	822.00	826.00	<b>823.33</b>
9	906.00	907.00	906.00	<b>906.33</b>	995.00	991.00	992.00	<b>992.67</b>
10	780.00	780.00	783.00	<b>781.00</b>	936.00	936.00	941.00	<b>937.67</b>
11	895.00	895.00	893.00	<b>894.33</b>	950.00	944.00	944.00	<b>946.00</b>
12	936.00	930.00	930.00	<b>932.00</b>	953.00	959.00	956.00	<b>956.00</b>
13	803.00	798.00	800.00	<b>800.33</b>	964.00	963.00	965.00	<b>964.00</b>
14	901.00	900.00	899.00	<b>900.00</b>	920.00	925.00	924.00	<b>923.00</b>
15	660.00	664.00	665.00	<b>663.00</b>	670.00	672.00	668.00	<b>670.00</b>
16	658.00	658.00	660.00	<b>658.67</b>	900.00	895.00	900.00	<b>898.33</b>
17	762.00	757.00	763.00	<b>760.67</b>	816.00	810.00	809.00	<b>811.67</b>
18	664.00	670.00	666.00	<b>666.67</b>	716.00	716.00	716.00	<b>716.00</b>
19	647.00	646.00	643.00	<b>645.33</b>	651.00	650.00	649.00	<b>650.00</b>
20	737.00	741.00	740.00	<b>739.33</b>	726.00	732.00	725.00	<b>727.67</b>
21	669.00	663.00	669.00	<b>667.00</b>	783.00	780.00	782.00	<b>781.67</b>
22	884.00	884.00	888.00	<b>885.33</b>	895.00	896.00	895.00	<b>895.33</b>
23	737.00	738.00	735.00	<b>736.67</b>	747.00	745.00	747.00	<b>746.33</b>
24	628.00	631.00	632.00	<b>630.33</b>	735.00	735.00	738.00	<b>736.00</b>
25	823.00	830.00	823.00	<b>825.33</b>	835.00	833.00	832.00	<b>833.33</b>

**Gotero Desmontable Rambo 4 l/h**

N°	Prueba N° 01				Prueba N° 02			
	Presión: Medida 01 (gr)	0.60 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión: Medida 01 (gr)	1.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1.00	547.00	549.00	552.00	<b>549.33</b>	576.00	574.00	578.00	<b>576.00</b>
2.00	502.00	505.00	503.00	<b>503.33</b>	560.00	563.00	565.00	<b>562.67</b>
3.00	554.00	558.00	550.00	<b>554.00</b>	660.00	661.00	656.00	<b>659.00</b>
4.00	691.00	688.00	693.00	<b>690.67</b>	692.00	692.00	699.00	<b>694.33</b>
5.00	711.00	707.00	705.00	<b>707.67</b>	719.00	715.00	722.00	<b>718.67</b>
6.00	569.00	565.00	568.00	<b>567.33</b>	668.00	664.00	665.00	<b>665.67</b>
7.00	621.00	622.00	622.00	<b>621.67</b>	657.00	655.00	656.00	<b>656.00</b>
8.00	548.00	548.00	550.00	<b>548.67</b>	557.00	553.00	559.00	<b>556.33</b>
9.00	699.00	694.00	698.00	<b>697.00</b>	731.00	730.00	729.00	<b>730.00</b>
10.00	628.00	623.00	626.00	<b>625.67</b>	649.00	653.00	647.00	<b>649.67</b>
11.00	491.00	495.00	497.00	<b>494.33</b>	577.00	576.00	572.00	<b>575.00</b>
12.00	666.00	668.00	662.00	<b>665.33</b>	692.00	691.00	688.00	<b>690.33</b>
13.00	660.00	660.00	660.00	<b>660.00</b>	738.00	739.00	735.00	<b>737.33</b>
14.00	576.00	578.00	578.00	<b>577.33</b>	630.00	625.00	631.00	<b>628.67</b>
15.00	690.83	685.83	683.83	<b>686.83</b>	720.00	714.00	716.00	<b>716.67</b>
16.00	673.00	672.00	671.00	<b>672.00</b>	789.00	790.00	786.00	<b>788.33</b>
17.00	691.00	690.00	688.00	<b>689.67</b>	694.00	696.00	702.00	<b>697.33</b>
18.00	623.00	618.00	619.00	<b>620.00</b>	681.00	680.00	680.00	<b>680.33</b>
19.00	668.00	664.00	663.00	<b>665.00</b>	689.00	688.00	686.00	<b>687.67</b>
20.00	714.00	716.00	714.00	<b>714.67</b>	736.00	738.00	735.00	<b>736.33</b>
21.00	701.00	697.00	697.00	<b>698.33</b>	596.00	595.00	599.00	<b>596.67</b>
22.00	658.00	657.00	655.00	<b>656.67</b>	672.00	666.00	668.00	<b>668.67</b>
23.00	608.00	608.00	604.00	<b>606.67</b>	639.00	640.00	640.00	<b>639.67</b>
24.00	571.00	573.00	573.00	<b>572.33</b>	621.00	626.00	628.00	<b>625.00</b>
25.00	640.00	639.00	643.00	<b>640.67</b>	800.00	803.00	802.00	<b>801.67</b>

N°	Prueba N° 03:				Prueba N° 04:			
	Presión Medida 01 (gr)	1.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	2.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1.00	600.00	594.00	601.00	598.33	595.00	595.00	597.00	595.67
2.00	570.00	569.00	571.00	570.00	582.00	582.00	579.00	581.00
3.00	732.00	728.00	733.00	731.00	751.00	751.00	756.00	752.67
4.00	733.00	733.00	733.00	733.00	757.00	759.00	758.00	758.00
5.00	819.00	818.00	817.00	818.00	824.00	821.00	821.00	822.00
6.00	674.00	670.00	671.00	671.67	678.00	675.00	675.00	676.00
7.00	660.00	657.00	659.00	658.67	663.00	665.00	664.00	664.00
8.00	582.00	586.00	586.00	584.67	800.00	796.00	798.00	798.00
9.00	739.00	738.00	741.00	739.33	750.00	748.00	748.00	748.67
10.00	664.00	664.00	661.00	663.00	670.00	666.00	663.00	666.33
11.00	613.00	613.00	608.00	611.33	633.00	638.00	633.00	634.67
12.00	733.00	735.00	736.00	734.67	757.00	755.00	755.00	755.67
13.00	745.00	746.00	750.00	747.00	796.00	791.00	791.00	792.67
14.00	630.00	627.00	630.00	629.00	638.00	635.00	641.00	638.00
15.00	730.00	734.00	734.00	732.67	750.00	749.00	748.00	749.00
16.00	835.00	837.00	832.00	834.67	855.00	851.00	855.00	853.67
17.00	795.00	796.00	795.00	795.33	798.00	798.00	803.00	799.67
18.00	688.00	684.00	690.00	687.33	692.00	699.00	698.00	696.33
19.00	706.00	703.00	708.00	705.67	712.00	714.00	710.00	712.00
20.00	738.00	740.00	739.00	739.00	750.50	749.50	745.50	748.50
21.00	643.00	643.00	649.00	645.00	657.00	661.00	663.00	660.33
22.00	680.00	679.00	681.00	680.00	684.00	689.00	689.00	687.33
23.00	639.00	642.00	640.00	640.33	651.00	650.00	650.00	650.33
24.00	632.00	634.00	634.00	633.33	636.00	638.00	638.00	637.33
25.00	799.00	798.00	799.00	798.67	825.00	825.00	827.00	825.67

N°	Prueba N° 05				Prueba N° 06			
	Presión Medida 01 (gr)	2.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	<b>PROMEDIO</b>	Presión Medida 01 (gr)	3.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	<b>PROMEDIO</b>
1.00	602.00	608.00	603.00	<b>604.33</b>	610.00	604.00	609.00	<b>607.67</b>
2.00	613.00	614.00	608.00	<b>611.67</b>	671.00	666.00	668.00	<b>668.33</b>
3.00	755.00	754.00	754.00	<b>754.33</b>	905.00	907.00	907.00	<b>906.33</b>
4.00	772.00	768.00	765.00	<b>768.33</b>	804.00	805.00	800.00	<b>803.00</b>
5.00	821.00	820.00	822.00	<b>821.00</b>	827.00	833.00	826.00	<b>828.67</b>
6.00	678.00	675.00	679.00	<b>677.33</b>	678.00	676.00	677.00	<b>677.00</b>
7.00	667.00	663.00	665.00	<b>665.00</b>	669.00	666.00	663.00	<b>666.00</b>
8.00	603.00	606.00	606.00	<b>605.00</b>	665.00	671.00	671.00	<b>669.00</b>
9.00	763.00	760.00	762.00	<b>761.67</b>	828.00	827.00	827.00	<b>827.33</b>
10.00	665.00	670.00	668.00	<b>667.67</b>	672.00	676.00	672.00	<b>673.33</b>
11.00	701.00	694.00	696.00	<b>697.00</b>	737.00	739.00	740.00	<b>738.67</b>
12.00	763.00	764.00	761.00	<b>762.67</b>	853.00	848.00	851.00	<b>850.67</b>
13.00	808.00	808.00	810.00	<b>808.67</b>	887.00	892.00	891.00	<b>890.00</b>
14.00	740.00	745.00	744.00	<b>743.00</b>	762.00	760.00	761.00	<b>761.00</b>
15.00	768.00	762.00	769.00	<b>766.33</b>	769.00	768.00	767.00	<b>768.00</b>
16.00	880.00	883.00	884.00	<b>882.33</b>	906.00	905.00	910.00	<b>907.00</b>
17.00	872.00	869.00	871.00	<b>870.67</b>	877.00	879.00	883.00	<b>879.67</b>
18.00	794.00	790.00	789.00	<b>791.00</b>	807.00	805.00	802.00	<b>804.67</b>
19.00	714.00	709.00	711.00	<b>711.33</b>	746.00	752.00	750.00	<b>749.33</b>
20.00	759.00	752.00	754.00	<b>755.00</b>	856.00	858.00	862.00	<b>858.67</b>
21.00	662.50	660.50	666.50	<b>663.17</b>	729.00	732.00	731.00	<b>730.67</b>
22.00	684.00	687.00	690.00	<b>687.00</b>	724.00	727.00	724.00	<b>725.00</b>
23.00	749.00	748.00	751.00	<b>749.33</b>	743.00	743.00	746.00	<b>744.00</b>
24.00	646.00	644.00	646.00	<b>645.33</b>	642.00	643.00	641.00	<b>642.00</b>
25.00	840.00	842.00	844.00	<b>842.00</b>	976.00	977.00	977.00	<b>976.67</b>

**Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h**

N°	Prueba N° 01				Prueba N° 02			
	Presión: Medida 01 (gr)	0.60 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión: Medida 01 (gr)	1.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1.00	719.50	716.00	716.50	<b>717.33</b>	720.50	721.50	722.00	<b>721.33</b>
2.00	672.00	670.00	672.00	<b>671.33</b>	690.00	688.00	690.00	<b>689.33</b>
3.00	724.00	726.00	726.50	<b>725.50</b>	725.00	728.00	729.00	<b>727.33</b>
4.00	704.00	705.00	702.00	<b>703.67</b>	712.00	711.00	711.50	<b>711.50</b>
5.00	633.50	635.00	633.00	<b>633.83</b>	646.50	650.00	647.50	<b>648.00</b>
6.00	683.00	680.00	681.50	<b>681.50</b>	703.00	704.50	702.00	<b>703.17</b>
7.00	688.00	689.50	687.00	<b>688.17</b>	706.00	707.00	707.50	<b>706.83</b>
8.00	728.00	728.50	729.00	<b>728.50</b>	738.50	740.50	741.50	<b>740.17</b>
9.00	668.00	668.50	668.00	<b>668.17</b>	675.00	674.00	675.00	<b>674.67</b>
10.00	657.00	654.00	655.50	<b>655.50</b>	678.50	680.00	680.50	<b>679.67</b>
11.00	648.00	646.00	649.00	<b>647.67</b>	666.00	667.00	665.00	<b>666.00</b>
12.00	656.00	658.00	658.00	<b>657.33</b>	670.00	667.00	669.00	<b>668.67</b>
13.00	694.00	692.00	693.00	<b>693.00</b>	710.00	709.00	710.50	<b>709.83</b>
14.00	687.00	686.50	690.50	<b>688.00</b>	710.50	712.50	712.00	<b>711.67</b>
15.00	699.00	700.00	698.00	<b>699.00</b>	700.00	701.00	700.00	<b>700.33</b>
16.00	607.00	606.00	606.00	<b>606.33</b>	625.00	623.00	625.00	<b>624.33</b>
17.00	668.00	668.50	670.00	<b>668.83</b>	681.00	681.00	682.50	<b>681.50</b>
18.00	685.50	689.50	688.00	<b>687.67</b>	692.00	690.00	691.00	<b>691.00</b>
19.00	630.00	627.00	631.00	<b>629.33</b>	643.00	641.50	641.00	<b>641.83</b>
20.00	667.00	669.00	671.00	<b>669.00</b>	688.00	688.50	687.00	<b>687.83</b>
21.00	679.50	679.00	679.00	<b>679.17</b>	698.00	696.00	697.50	<b>697.17</b>
22.00	667.00	669.00	668.00	<b>668.00</b>	685.50	686.00	685.00	<b>685.50</b>
23.00	660.00	663.00	664.00	<b>662.33</b>	680.00	681.00	682.00	<b>681.00</b>
24.00	685.00	688.00	689.00	<b>687.33</b>	706.50	705.50	705.00	<b>705.67</b>
25.00	702.00	702.50	703.00	<b>702.50</b>	724.00	721.00	724.00	<b>723.00</b>

N°	Prueba N° 03:				Prueba N° 04:			
	Presión Medida 01 (gr)	1.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	2.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1.00	740.50	744.00	744.50	<b>743.00</b>	748.00	750.00	751.00	<b>749.67</b>
2.00	694.50	694.00	694.50	<b>694.33</b>	696.50	694.50	696.50	<b>695.83</b>
3.00	741.50	740.50	738.50	<b>740.17</b>	741.50	744.50	744.00	<b>743.33</b>
4.00	721.00	721.00	722.00	<b>721.33</b>	755.00	754.00	755.50	<b>754.83</b>
5.00	674.00	678.00	678.00	<b>676.67</b>	680.00	680.50	681.00	<b>680.50</b>
6.00	719.50	720.50	721.50	<b>720.50</b>	724.50	721.50	721.00	<b>722.33</b>
7.00	708.00	709.00	711.00	<b>709.33</b>	730.00	730.00	727.00	<b>729.00</b>
8.00	751.00	752.00	749.00	<b>750.67</b>	770.00	771.00	771.50	<b>770.83</b>
9.00	689.50	689.50	691.00	<b>690.00</b>	724.50	727.00	727.50	<b>726.33</b>
10.00	703.00	705.00	704.00	<b>704.00</b>	717.00	718.00	718.50	<b>717.83</b>
11.00	671.00	673.00	671.00	<b>671.67</b>	679.00	676.00	677.00	<b>677.33</b>
12.00	688.00	690.00	689.00	<b>689.00</b>	691.00	690.00	692.00	<b>691.00</b>
13.00	714.00	714.00	713.00	<b>713.67</b>	726.00	723.00	722.00	<b>723.67</b>
14.00	734.00	735.00	733.00	<b>734.00</b>	736.00	739.00	739.00	<b>738.00</b>
15.00	709.00	712.00	710.00	<b>710.33</b>	719.00	720.00	720.50	<b>719.83</b>
16.00	660.00	661.00	662.00	<b>661.00</b>	705.00	709.00	706.00	<b>706.67</b>
17.00	703.00	702.00	700.00	<b>701.67</b>	704.00	701.00	705.00	<b>703.33</b>
18.00	707.00	708.00	706.00	<b>707.00</b>	710.00	712.00	711.00	<b>711.00</b>
19.00	659.00	661.00	660.00	<b>660.00</b>	728.00	728.00	726.00	<b>727.33</b>
20.00	690.00	691.00	687.00	<b>689.33</b>	716.00	716.50	715.00	<b>715.83</b>
21.00	712.50	709.00	712.00	<b>711.17</b>	721.00	723.00	724.00	<b>722.67</b>
22.00	703.00	701.00	702.00	<b>702.00</b>	736.00	732.00	734.00	<b>734.00</b>
23.00	700.50	699.00	701.50	<b>700.33</b>	728.00	729.00	727.00	<b>728.00</b>
24.00	709.00	709.00	708.00	<b>708.67</b>	730.00	726.00	728.00	<b>728.00</b>
25.00	731.00	734.00	731.50	<b>732.17</b>	739.00	737.00	736.00	<b>737.33</b>



N°	Prueba N° 05				Prueba N° 06			
	Presión Medida 01 (gr)	2.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	3.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	759.00	761.00	759.00	<b>759.67</b>	772.00	773.50	773.50	<b>773.00</b>
2	699.00	700.00	699.00	<b>699.33</b>	709.00	708.00	706.00	<b>707.67</b>
3	758.00	764.00	760.00	<b>760.67</b>	770.00	770.50	769.50	<b>770.00</b>
4	771.00	769.00	772.00	<b>770.67</b>	770.00	772.00	773.00	<b>771.67</b>
5	696.00	694.00	695.00	<b>695.00</b>	764.00	761.00	765.00	<b>763.33</b>
6	737.00	736.00	734.00	<b>735.67</b>	741.00	740.00	739.00	<b>740.00</b>
7	729.00	733.00	730.00	<b>730.67</b>	746.00	748.00	747.00	<b>747.00</b>
8	734.00	738.00	735.00	<b>735.67</b>	807.00	806.00	804.00	<b>805.67</b>
9	755.00	755.00	755.00	<b>755.00</b>	773.00	770.00	772.00	<b>771.67</b>
10	734.00	737.00	734.00	<b>735.00</b>	745.00	745.00	743.00	<b>744.33</b>
11	687.00	689.00	686.00	<b>687.33</b>	698.00	701.00	699.00	<b>699.33</b>
12	704.00	707.00	708.00	<b>706.33</b>	707.50	708.50	708.00	<b>708.00</b>
13	729.00	726.00	727.00	<b>727.33</b>	775.00	775.00	777.00	<b>775.67</b>
14	751.00	754.00	753.00	<b>752.67</b>	762.00	765.00	765.00	<b>764.00</b>
15	739.00	740.00	743.00	<b>740.67</b>	774.00	776.00	770.00	<b>773.33</b>
16	726.00	724.00	727.00	<b>725.67</b>	757.00	760.00	751.00	<b>756.00</b>
17	714.00	716.00	714.00	<b>714.67</b>	728.00	732.00	725.00	<b>728.33</b>
18	715.00	713.00	712.00	<b>713.33</b>	721.00	718.00	724.00	<b>721.00</b>
19	741.00	739.00	741.00	<b>740.33</b>	755.00	759.00	761.00	<b>758.33</b>
20	735.00	734.00	737.00	<b>735.33</b>	750.00	746.00	753.00	<b>749.67</b>
21	722.00	724.00	722.50	<b>722.83</b>	773.00	774.00	775.00	<b>774.00</b>
22	749.00	748.00	747.00	<b>748.00</b>	768.00	770.00	767.00	<b>768.33</b>
23	750.00	748.00	749.00	<b>749.00</b>	767.00	765.00	771.00	<b>767.67</b>
24	733.00	734.00	734.50	<b>733.83</b>	744.00	746.00	751.00	<b>747.00</b>
25	742.00	744.00	745.00	<b>743.67</b>	743.00	745.00	737.00	<b>741.67</b>

**Gotero Katif Autocompensante – 3.75 l/h**

N°	Prueba N° 01				Prueba N° 02			
	Presión: Medida 01 (gr)	0.60 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión: Medida 01 (gr)	1.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	586.00	584.00	586.00	<b>585.33</b>	627.00	625.50	627.50	<b>626.67</b>
2	621.00	618.00	621.00	<b>620.00</b>	656.50	654.50	657.00	<b>656.00</b>
3	600.00	599.00	600.00	<b>599.67</b>	650.50	648.50	651.00	<b>650.00</b>
4	597.00	594.00	597.00	<b>596.00</b>	660.00	657.00	660.00	<b>659.00</b>
5	663.00	660.00	663.00	<b>662.00</b>	689.00	687.00	689.00	<b>688.33</b>
6	614.00	611.00	614.00	<b>613.00</b>	643.50	642.50	643.50	<b>643.17</b>
7	667.00	665.00	667.00	<b>666.33</b>	688.00	687.00	688.00	<b>687.67</b>
8	646.00	644.00	646.00	<b>645.33</b>	686.50	683.00	686.00	<b>685.17</b>
9	575.00	573.00	575.00	<b>574.33</b>	621.50	620.50	621.50	<b>621.17</b>
10	627.00	624.00	627.00	<b>626.00</b>	666.00	665.00	666.50	<b>665.83</b>
11	645.00	644.00	645.00	<b>644.67</b>	652.00	649.00	652.00	<b>651.00</b>
12	683.00	682.00	683.00	<b>682.67</b>	692.50	691.50	692.50	<b>692.17</b>
13	609.00	608.00	609.00	<b>608.67</b>	664.50	663.50	664.67	<b>664.22</b>
14	622.00	620.00	622.00	<b>621.33</b>	627.00	625.00	627.00	<b>626.33</b>
15	593.00	592.00	593.00	<b>592.67</b>	622.00	620.00	621.00	<b>621.00</b>
16	593.00	591.00	593.00	<b>592.33</b>	635.00	632.00	634.00	<b>633.67</b>
17	648.00	647.00	648.00	<b>647.67</b>	653.00	652.00	653.00	<b>652.67</b>
18	658.00	655.00	658.00	<b>657.00</b>	685.00	682.00	684.00	<b>683.67</b>
19	638.00	637.00	638.00	<b>637.67</b>	664.50	663.00	662.00	<b>663.17</b>
20	551.00	549.00	551.00	<b>550.33</b>	627.50	624.00	626.00	<b>625.83</b>
21	608.00	607.00	608.00	<b>607.67</b>	647.00	645.00	646.00	<b>646.00</b>
22	634.00	632.00	634.00	<b>633.33</b>	650.00	647.00	650.00	<b>649.00</b>
23	586.00	584.00	586.00	<b>585.33</b>	631.00	628.00	631.00	<b>630.00</b>
24	611.00	609.00	611.00	<b>610.33</b>	653.00	651.00	652.00	<b>652.00</b>
25	645.00	642.00	645.00	<b>644.00</b>	654.00	652.00	654.00	<b>653.33</b>

N°	Prueba N° 03:				Prueba N° 04:			
	Presión Medida 01 (gr)	1.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	2.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	641.50	639.50	641.50	<b>640.83</b>	655.00	652.00	655.00	<b>654.00</b>
2	671.50	670.00	671.50	<b>671.00</b>	681.00	679.00	681.00	<b>680.33</b>
3	657.00	656.00	657.00	<b>656.67</b>	660.50	658.00	661.00	<b>659.83</b>
4	673.00	670.00	673.00	<b>672.00</b>	675.00	674.00	675.00	<b>674.67</b>
5	698.00	697.00	698.00	<b>697.67</b>	703.00	702.00	703.00	<b>702.67</b>
6	648.00	646.00	648.00	<b>647.33</b>	651.00	650.00	651.00	<b>650.67</b>
7	697.00	696.00	697.00	<b>696.67</b>	708.00	706.00	708.00	<b>707.33</b>
8	698.50	697.00	698.00	<b>697.83</b>	712.00	710.00	712.00	<b>711.33</b>
9	638.00	636.00	638.00	<b>637.33</b>	646.00	645.00	646.00	<b>645.67</b>
10	684.00	681.00	684.00	<b>683.00</b>	689.00	687.00	689.00	<b>688.33</b>
11	660.50	657.00	660.50	<b>659.33</b>	695.00	693.00	695.00	<b>694.33</b>
12	696.00	694.00	696.00	<b>695.33</b>	744.00	741.00	744.00	<b>743.00</b>
13	665.00	663.00	665.00	<b>664.33</b>	671.00	668.00	671.00	<b>670.00</b>
14	651.50	648.50	651.50	<b>650.50</b>	667.00	664.00	667.00	<b>666.00</b>
15	634.00	632.00	634.00	<b>633.33</b>	639.00	636.00	639.00	<b>638.00</b>
16	647.00	644.00	647.00	<b>646.00</b>	662.00	660.00	662.00	<b>661.33</b>
17	658.00	657.00	658.00	<b>657.67</b>	710.00	707.00	710.00	<b>709.00</b>
18	693.00	690.00	693.00	<b>692.00</b>	699.00	698.00	699.00	<b>698.67</b>
19	679.00	677.00	679.00	<b>678.33</b>	680.00	679.00	680.00	<b>679.67</b>
20	629.50	627.00	629.50	<b>628.67</b>	653.00	650.00	653.00	<b>652.00</b>
21	659.00	657.00	659.00	<b>658.33</b>	670.00	669.00	670.00	<b>669.67</b>
22	651.00	650.00	651.00	<b>650.67</b>	659.00	656.00	659.00	<b>658.00</b>
23	642.00	641.00	642.00	<b>641.67</b>	673.00	671.00	673.00	<b>672.33</b>
24	671.50	668.00	671.50	<b>670.33</b>	674.00	671.00	674.00	<b>673.00</b>
25	667.00	664.00	667.00	<b>666.00</b>	681.00	680.00	681.00	<b>680.67</b>

N°	Prueba N° 05				Prueba N° 06			
	Presión Medida 01 (gr)	2.50 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO	Presión Medida 01 (gr)	3.00 bar Medida 02 (gr)	Medida 03 (gr)	PROMEDIO
1	655.00	653.00	655.00	<b>654.33</b>	701.00	704.00	707.00	<b>704.00</b>
2	694.00	691.00	694.00	<b>693.00</b>	728.00	730.00	732.00	<b>730.00</b>
3	680.00	679.00	680.00	<b>679.67</b>	718.00	721.00	724.00	<b>721.00</b>
4	687.00	684.00	687.00	<b>686.00</b>	734.00	735.00	736.00	<b>735.00</b>
5	714.00	712.00	714.00	<b>713.33</b>	764.00	767.00	770.00	<b>767.00</b>
6	676.00	675.00	676.00	<b>675.67</b>	689.00	691.00	693.00	<b>691.00</b>
7	719.00	718.00	719.00	<b>718.67</b>	764.00	767.00	770.00	<b>767.00</b>
8	713.00	712.00	713.00	<b>712.67</b>	765.00	766.00	767.00	<b>766.00</b>
9	648.00	645.00	648.00	<b>647.00</b>	756.00	757.00	758.00	<b>757.00</b>
10	690.00	689.50	690.00	<b>689.83</b>	725.00	726.00	727.00	<b>726.00</b>
11	714.00	711.00	714.00	<b>713.00</b>	744.00	746.00	748.00	<b>746.00</b>
12	756.00	753.00	756.00	<b>755.00</b>	803.00	804.00	805.00	<b>804.00</b>
13	715.00	713.00	715.00	<b>714.33</b>	719.00	720.00	721.00	<b>720.00</b>
14	674.00	673.00	674.00	<b>673.67</b>	735.00	738.00	741.00	<b>738.00</b>
15	651.67	648.50	651.00	<b>650.39</b>	692.00	695.00	698.00	<b>695.00</b>
16	677.00	675.00	677.00	<b>676.33</b>	704.00	706.00	708.00	<b>706.00</b>
17	733.00	731.00	733.00	<b>732.33</b>	769.00	771.00	773.00	<b>771.00</b>
18	708.00	706.00	708.00	<b>707.33</b>	733.00	734.00	735.00	<b>734.00</b>
19	691.50	688.00	691.00	<b>690.17</b>	767.00	768.00	769.00	<b>768.00</b>
20	665.00	663.00	665.00	<b>664.33</b>	751.00	752.00	753.00	<b>752.00</b>
21	677.00	673.00	676.00	<b>675.33</b>	720.00	721.00	722.00	<b>721.00</b>
22	695.00	693.00	694.00	<b>694.00</b>	709.00	712.00	715.00	<b>712.00</b>
23	696.00	694.00	696.00	<b>695.33</b>	717.00	718.00	719.00	<b>718.00</b>
24	676.00	674.00	676.00	<b>675.33</b>	737.00	738.00	739.00	<b>738.00</b>
25	681.00	680.00	681.00	<b>680.67</b>	770.00	773.00	776.00	<b>773.00</b>

## **Anexo 2: Cálculo de caudales**

## Gotero Azud premier 1.60 (l/h)

Resumen de medidas tomados en campo del gotero Azud Premier 1.60 l/h

Tiempo de ensayo (Min)	10.00
Temperatura del agua (°C)	20.00
Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	998.2

a. Resumen de medidas de volumen a diferentes presiones de trabajo en gramos

<b>Presión/N°</b>	<b>0.5 bar</b>	<b>1.0 bar</b>	<b>1.5 bar</b>	<b>2.0 bar</b>	<b>2.5 bar</b>	<b>3.0 bar</b>
	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (gr)</b>
1	299.00	370.00	451.00	501.00	580.50	635.00
2	290.67	400.00	439.33	472.00	546.33	607.00
3	298.00	384.67	435.33	486.00	574.67	631.00
4	285.33	363.00	431.67	486.00	553.67	599.00
5	294.00	343.67	444.33	493.33	568.33	572.00
6	291.33	381.00	436.00	497.67	550.00	588.33
7	293.00	373.33	431.67	494.33	546.67	596.67
8	283.00	363.67	429.33	486.33	538.33	579.67
9	291.33	377.00	441.00	480.33	553.33	600.00
10	298.00	368.00	420.00	488.00	547.33	589.33
11	296.33	376.00	432.33	490.00	537.00	584.00
12	297.67	376.33	435.67	503.33	555.67	587.33
13	291.00	367.00	440.33	495.33	555.33	581.67
14	281.33	373.67	433.33	490.33	539.67	593.33
15	294.33	370.33	433.33	485.33	544.67	621.00
16	292.00	365.33	438.33	504.00	520.50	594.67
17	294.00	378.33	412.00	492.33	546.00	621.17
18	295.00	377.67	446.00	503.67	566.67	580.33
19	293.00	385.00	434.00	485.67	548.00	577.33
20	294.33	357.33	432.33	489.00	559.33	561.00
21	298.00	368.00	442.33	440.17	545.67	592.00
22	297.33	375.67	444.00	513.67	571.00	591.33
23	296.33	372.67	398.00	501.67	553.33	586.67
24	300.00	380.33	425.00	496.67	534.33	608.67
25	291.33	370.00	441.67	471.00	509.83	611.00

b. Cálculo del caudal en l/h

Nº/Presión	0.5 bar caudal (l/h)	1.0 bar caudal (l/h)	1.5 bar caudal (l/h)	2.0 bar caudal (l/h)	2.5 bar caudal (l/h)	3.0 bar caudal (l/h)
1	1.707	2.134	2.621	2.921	3.399	3.727
2	1.657	2.314	2.551	2.747	3.194	3.558
3	1.701	2.222	2.527	2.831	3.364	3.703
4	1.625	2.092	2.505	2.831	3.238	3.510
5	1.677	1.976	2.581	2.875	3.326	3.348
6	1.661	2.200	2.531	2.901	3.216	3.446
7	1.671	2.154	2.505	2.881	3.196	3.496
8	1.611	2.096	2.490	2.833	3.146	3.394
9	1.661	2.176	2.561	2.797	3.236	3.516
10	1.701	2.122	2.434	2.843	3.200	3.452
11	1.691	2.170	2.509	2.855	3.138	3.420
12	1.699	2.172	2.529	2.935	3.250	3.440
13	1.659	2.116	2.557	2.887	3.248	3.406
14	1.601	2.156	2.515	2.857	3.154	3.476
15	1.679	2.136	2.515	2.827	3.184	3.643
16	1.665	2.106	2.545	2.939	3.038	3.484
17	1.677	2.184	2.386	2.869	3.192	3.644
18	1.683	2.180	2.591	2.937	3.316	3.398
19	1.671	2.224	2.519	2.829	3.204	3.380
20	1.679	2.058	2.509	2.849	3.272	3.282
21	1.701	2.122	2.569	2.556	3.190	3.468
22	1.697	2.168	2.579	2.997	3.342	3.464
23	1.691	2.150	2.302	2.925	3.236	3.436
24	1.713	2.196	2.464	2.895	3.122	3.568
25	1.500	2.134	2.565	2.741	2.974	3.582
<b>promedio</b>	1.667	2.150	2.518	2.854	3.215	3.490

## Gotero Rain bird 2.30 l/h

Resumen de medidas tomados en campo del gotero Rain bird 2.30 l/h

Tiempo de ensayo (Min)	10.00
Temperatura del agua (°C)	20.00
Densidad del agua (kg/m3)	998.20

a. Resumen de medidas de volumen a diferentes presiones de trabajo en gramos

Presión/N°	0.5 bar	1.0 bar	1.5 bar	2.0 bar	2.5 bar	3.0 bar
	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)
1	404.00	409.00	420.67	430.00	435.50	440.50
2	392.67	396.67	417.00	421.33	422.00	424.67
3	400.33	390.00	414.00	415.00	415.00	428.00
4	400.33	402.33	401.00	427.67	428.00	429.33
5	412.33	397.00	419.00	428.33	424.00	432.00
6	412.33	398.00	408.67	427.33	424.00	430.00
7	392.67	401.67	424.33	425.00	423.33	425.33
8	400.00	397.00	419.00	428.67	426.67	431.00
9	404.33	417.00	429.00	418.67	421.67	430.00
10	400.00	395.67	404.00	425.33	421.00	431.67
11	395.67	406.67	424.67	422.00	423.67	424.00
12	399.67	408.33	397.00	426.00	420.67	427.33
13	405.33	409.00	407.33	427.00	423.67	432.33
14	395.33	404.33	404.67	418.00	417.67	429.00
15	415.67	395.00	412.33	417.33	418.00	424.00
16	407.00	394.67	419.67	425.00	424.00	424.33
17	415.67	412.00	410.00	422.00	420.00	426.67
18	398.33	413.33	409.67	422.67	424.00	420.67
19	394.33	397.00	399.67	414.67	419.33	430.33
20	395.67	405.67	405.00	425.33	421.00	427.67
21	393.00	401.00	416.67	420.00	418.00	434.00
22	421.00	403.67	416.00	415.00	416.33	423.00
23	420.67	396.67	414.00	419.33	419.67	423.67
24	407.67	403.33	419.00	417.67	417.67	419.67
25	402.00	404.33	408.33	418.00	420.33	423.00



b. Cálculo del caudal en l/h

Nº/Presión	0.5 bar caudal (l/h)	1.0 bar caudal (l/h)	1.5 bar caudal (l/h)	2.0 bar caudal (l/h)	2.5 bar caudal (l/h)	3.0 bar caudal (l/h)
1	2.338	2.368	2.438	2.494	2.528	2.558
2	2.270	2.294	2.416	2.442	2.446	2.462
3	2.316	2.254	2.398	2.404	2.404	2.482
4	2.316	2.328	2.320	2.480	2.482	2.490
5	2.388	2.296	2.428	2.484	2.458	2.507
6	2.388	2.302	2.366	2.478	2.458	2.494
7	2.270	2.324	2.460	2.464	2.454	2.466
8	2.314	2.296	2.428	2.486	2.474	2.501
9	2.340	2.416	2.488	2.426	2.444	2.494
10	2.314	2.288	2.338	2.466	2.440	2.505
11	2.288	2.354	2.462	2.446	2.456	2.458
12	2.312	2.364	2.296	2.470	2.438	2.478
13	2.346	2.368	2.358	2.476	2.456	2.509
14	2.286	2.340	2.342	2.422	2.420	2.488
15	2.408	2.284	2.388	2.418	2.422	2.458
16	2.356	2.282	2.432	2.464	2.458	2.460
17	2.408	2.386	2.374	2.446	2.434	2.474
18	2.304	2.394	2.372	2.450	2.458	2.438
19	2.280	2.296	2.312	2.402	2.430	2.496
20	2.288	2.348	2.344	2.466	2.440	2.480
21	2.272	2.320	2.414	2.434	2.422	2.519
22	2.440	2.336	2.410	2.404	2.412	2.452
23	2.438	2.294	2.398	2.430	2.432	2.456
24	2.360	2.334	2.428	2.420	2.420	2.432
25	2.326	2.340	2.364	2.422	2.436	2.452
<b>promedio</b>	2.335	2.328	2.391	2.448	2.445	2.481

## Gotero Desmontable Rambo 8.0 l/h

Resumen de medidas tomados en campo del gotero rambo 8.0 l/h

Tiempo de ensayo (Min)	5.00
Temperatura del agua (°C)	20.00
Densidad del agua (kg/m3)	998.20

a. Resumen de medidas de volumen a diferentes presiones de trabajo en gramos

<b>Presión/N°</b>	<b>0.6 bar Volumen (mlt)</b>	<b>1.0 bar Volumen (mlt)</b>	<b>1.5 bar Volumen (mlt)</b>	<b>2.0 bar Volumen (mlt)</b>	<b>2.5 bar Volumen (mlt)</b>	<b>3.0 bar Volumen (mlt)</b>
1	684.67	700.33	735.33	740.67	741.33	983.00
2	579.00	595.67	635.33	646.00	747.67	790.33
3	628.67	637.67	640.33	668.33	682.67	775.67
4	603.33	539.33	633.67	640.33	654.67	707.33
5	445.33	492.33	573.00	661.33	773.33	1003.67
6	565.33	620.33	626.33	631.00	629.67	1011.00
7	697.00	698.00	727.33	766.00	776.00	930.33
8	451.67	562.33	654.33	687.33	722.33	823.33
9	506.33	720.33	726.67	897.67	906.33	992.67
10	609.00	615.67	722.00	774.33	781.00	937.67
11	703.00	754.67	760.67	781.67	894.33	946.00
12	661.00	668.67	704.33	710.33	932.00	956.00
13	698.33	749.67	750.00	795.33	800.33	964.00
14	768.67	536.67	754.67	787.33	900.00	923.00
15	575.67	645.67	654.00	663.33	663.00	670.00
16	471.33	527.33	595.67	599.67	658.67	898.33
17	681.00	712.00	722.67	745.33	760.67	811.67
18	561.33	592.00	656.33	661.67	666.67	716.00
19	508.33	589.00	626.33	633.67	645.33	650.00
20	534.00	550.67	633.00	659.67	739.33	727.67
21	492.33	591.33	606.67	619.00	667.00	781.67
22	555.00	605.67	679.67	775.33	885.33	895.33
23	507.00	540.33	664.00	672.67	736.67	746.33
24	468.00	471.00	548.67	576.67	630.33	736.00
25	502.33	566.00	695.00	755.67	825.33	833.33

b. Cálculo del caudal en l/h

Nº/Presión	0.6 bar caudal (l/h)	1.0 bar caudal (l/h)	1.5 bar caudal (l/h)	2.0 bar caudal (l/h)	2.5 bar caudal (l/h)	3.0 bar caudal (l/h)
1	8.050	8.239	8.660	8.724	8.732	11.637
2	6.780	6.981	7.457	7.586	8.808	9.321
3	7.377	7.485	7.518	7.854	8.026	9.144
4	7.073	6.303	7.437	7.518	7.690	8.323
5	5.173	5.738	6.708	7.770	9.116	11.885
6	6.616	7.277	7.349	7.405	7.389	11.974
7	8.199	8.211	8.563	9.028	9.148	11.004
8	5.249	6.580	7.686	8.083	8.503	9.717
9	5.907	8.479	8.555	10.611	10.715	11.753
10	7.141	7.221	8.499	9.128	9.209	11.092
11	8.271	8.892	8.964	9.217	10.571	11.192
12	7.766	7.858	8.287	8.359	11.024	11.312
13	8.215	8.832	8.836	9.381	9.441	11.409
14	9.060	6.271	8.892	9.285	10.639	10.916
15	6.740	7.582	7.682	7.794	7.790	7.874
16	5.486	6.159	6.981	7.029	7.738	10.619
17	8.006	8.379	8.507	8.780	8.964	9.577
18	6.568	6.936	7.710	7.774	7.834	8.427
19	5.931	6.900	7.349	7.437	7.578	7.634
20	6.239	6.440	7.429	7.750	8.708	8.567
21	5.738	6.928	7.113	7.261	7.838	9.217
22	6.492	7.101	7.990	9.140	10.463	10.583
23	5.915	6.315	7.802	7.906	8.676	8.792
24	5.446	5.482	6.416	6.752	7.397	8.668
25	5.859	6.624	8.175	8.904	9.742	9.838
<b>promedio</b>	6.772	7.169	7.863	8.259	8.870	10.019

## Gotero Desmontable rambo 4.0 l/h

Resumen de medidas tomados en campo del gotero rambo 4.0 l/h

Tiempo de ensayo (Min) 10.00

Temperatura del agua (°C) 20.00

Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>) 998.20

a. Resumen de medidas de volumen a diferentes presiones de trabajo en gramos

<b>Presión/N°</b>	<b>0.6 bar Volumen (mlt)</b>	<b>1.0 bar Volumen (mlt)</b>	<b>1.5 bar Volumen (mlt)</b>	<b>2.0 bar Volumen (mlt)</b>	<b>2.5 bar Volumen (mlt)</b>	<b>3.0 bar Volumen (mlt)</b>
1	549.33	576.00	598.33	595.67	604.33	607.67
2	503.33	562.67	570.00	581.00	611.67	668.33
3	554.00	659.00	731.00	752.67	754.33	906.33
4	690.67	694.33	733.00	758.00	768.33	803.00
5	707.67	718.67	818.00	822.00	821.00	828.67
6	567.33	665.67	671.67	676.00	677.33	677.00
7	621.67	656.00	658.67	664.00	665.00	666.00
8	548.67	556.33	584.67	798.00	605.00	669.00
9	697.00	730.00	739.33	748.67	761.67	827.33
10	625.67	649.67	663.00	666.33	667.67	673.33
11	494.33	575.00	611.33	634.67	697.00	738.67
12	665.33	690.33	734.67	755.67	762.67	850.67
13	660.00	737.33	747.00	792.67	808.67	890.00
14	577.33	628.67	629.00	638.00	743.00	761.00
15	686.83	716.67	732.67	749.00	766.33	768.00
16	672.00	788.33	834.67	853.67	882.33	907.00
17	689.67	697.33	795.33	799.67	870.67	879.67
18	620.00	680.33	687.33	696.33	791.00	804.67
19	665.00	687.67	705.67	712.00	711.33	749.33
20	714.67	736.33	739.00	748.50	755.00	858.67
21	698.33	596.67	645.00	660.33	663.17	730.67
22	656.67	668.67	680.00	687.33	687.00	725.00
23	606.67	639.67	640.33	650.33	749.33	744.00
24	572.33	625.00	633.33	637.33	645.33	642.00
25	640.67	801.67	798.67	825.67	842.00	976.67

b. Cálculo del caudal en l/h

Nº/Presión	0.6 bar caudal (l/h)	1.0 bar caudal (l/h)	1.5 bar caudal (l/h)	2.0 bar caudal (l/h)	2.5 bar caudal (l/h)	3.0 bar caudal (l/h)
1	3.212	3.372	3.506	3.490	3.542	3.562
2	2.935	3.292	3.336	3.402	3.586	3.927
3	3.240	3.871	4.304	4.434	4.444	5.358
4	4.061	4.083	4.316	4.466	4.528	4.737
5	4.163	4.230	4.827	4.851	4.845	4.891
6	3.320	3.911	3.947	3.973	3.981	3.979
7	3.647	3.853	3.869	3.901	3.907	3.913
8	3.208	3.254	3.424	4.706	3.546	3.931
9	4.099	4.298	4.354	4.410	4.488	4.883
10	3.671	3.815	3.895	3.915	3.923	3.957
11	2.881	3.366	3.584	3.725	4.099	4.350
12	3.909	4.059	4.326	4.452	4.494	5.023
13	3.877	4.342	4.400	4.674	4.771	5.259
14	3.380	3.689	3.691	3.745	4.376	4.484
15	4.038	4.218	4.314	4.412	4.516	4.526
16	3.949	4.648	4.927	5.041	5.213	5.362
17	4.055	4.101	4.690	4.716	5.143	5.197
18	3.637	3.999	4.041	4.095	4.664	4.747
19	3.907	4.043	4.151	4.190	4.186	4.414
20	4.206	4.336	4.352	4.409	4.448	5.071
21	4.107	3.496	3.787	3.879	3.896	4.302
22	3.857	3.929	3.997	4.041	4.039	4.268
23	3.556	3.755	3.759	3.819	4.414	4.382
24	3.350	3.667	3.717	3.741	3.789	3.769
25	3.761	4.729	4.710	4.873	4.971	5.780
<b>promedio</b>	3.681	3.934	4.089	4.214	4.312	4.563

## Gotero de botón MicroFlapper 4.0 l/h

Resumen de medidas tomados en campo del gotero rambo 4.0 l/h

Tiempo de ensayo (Min)	10.00
Temperatura del agua (°C)	20.00
Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	998.20

a. Resumen de medidas de volumen a diferentes presiones de trabajo en gramos

<b>Presión/N°</b>	<b>0.6 bar Volumen (mlt)</b>	<b>1.0 bar Volumen (mlt)</b>	<b>1.5 bar Volumen (mlt)</b>	<b>2.0 bar Volumen (mlt)</b>	<b>2.5 bar Volumen (mlt)</b>	<b>3.0 bar Volumen (mlt)</b>
1	717.33	721.33	743.00	749.67	759.67	773.00
2	671.33	689.33	694.33	695.83	699.33	707.67
3	725.50	727.33	740.17	743.33	760.67	770.00
4	703.67	711.50	721.33	754.83	770.67	771.67
5	633.83	648.00	676.67	680.50	695.00	763.33
6	681.50	703.17	720.50	722.33	735.67	740.00
7	688.17	706.83	709.33	729.00	730.67	747.00
8	728.50	740.17	750.67	770.83	735.67	805.67
9	668.17	674.67	690.00	726.33	755.00	771.67
10	655.50	679.67	704.00	717.83	735.00	744.33
11	647.67	666.00	671.67	677.33	687.33	699.33
12	657.33	668.67	689.00	691.00	706.33	708.00
13	693.00	709.83	713.67	723.67	727.33	775.67
14	688.00	711.67	734.00	738.00	752.67	764.00
15	699.00	700.33	710.33	719.83	740.67	773.33
16	606.33	624.33	661.00	706.67	725.67	756.00
17	668.83	681.50	701.67	703.33	714.67	728.33
18	687.67	691.00	707.00	711.00	713.33	721.00
19	629.33	641.83	660.00	727.33	740.33	758.33
20	669.00	687.83	689.33	715.83	735.33	749.67
21	679.17	697.17	711.17	722.67	722.83	774.00
22	668.00	685.50	702.00	734.00	748.00	768.33
23	662.33	681.00	700.33	728.00	749.00	767.67
24	687.33	705.67	708.67	728.00	733.83	747.00
25	702.50	723.00	732.17	737.33	743.67	741.67

b. Cálculo del caudal en l/h

Nº/Presión	0.6 bar caudal (l/h)	1.0 bar caudal (l/h)	1.5 bar caudal (l/h)	2.0 bar caudal (l/h)	2.5 bar caudal (l/h)	3.0 bar caudal (l/h)
1	4.222	4.246	4.376	4.416	4.476	4.556
2	3.945	4.053	4.083	4.092	4.113	4.163
3	4.271	4.282	4.359	4.378	4.482	4.538
4	4.139	4.187	4.246	4.447	4.542	4.548
5	3.720	3.805	3.977	4.000	4.087	4.498
6	4.006	4.136	4.241	4.252	4.332	4.358
7	4.046	4.158	4.174	4.292	4.302	4.400
8	4.289	4.359	4.422	4.543	4.332	4.753
9	3.926	3.965	4.057	4.276	4.448	4.548
10	3.850	3.995	4.141	4.225	4.328	4.384
11	3.803	3.913	3.947	3.981	4.041	4.113
12	3.861	3.929	4.051	4.063	4.155	4.165
13	4.075	4.177	4.200	4.260	4.282	4.572
14	4.045	4.188	4.322	4.346	4.434	4.502
15	4.111	4.119	4.180	4.237	4.362	4.558
16	3.554	3.663	3.883	4.157	4.272	4.454
17	3.930	4.006	4.127	4.137	4.206	4.288
18	4.043	4.063	4.159	4.184	4.198	4.244
19	3.693	3.768	3.877	4.282	4.360	4.468
20	3.931	4.044	4.053	4.213	4.330	4.416
21	3.992	4.100	4.185	4.254	4.255	4.562
22	3.925	4.030	4.129	4.322	4.406	4.528
23	3.891	4.003	4.119	4.286	4.412	4.524
24	4.041	4.151	4.170	4.286	4.321	4.400
25	4.132	4.256	4.311	4.342	4.380	4.368
<b>promedio</b>	3.978	4.064	4.152	4.251	4.314	4.436

## Gotero Katif auto compensante 3.75 l/h

Resumen de medidas tomados en campo del gotero rambo 4.0 l/h

Tiempo de ensayo (Min)	10.00
Temperatura del agua (°C)	20.00
Densidad del agua (kg/m3)	998.20

a. Resumen de medidas de volumen a diferentes presiones de trabajo en gramos

Presión/N°	0.6 bar Volumen (mlt)	1.0 bar Volumen (mlt)	1.5 bar Volumen (mlt)	2.0 bar Volumen (mlt)	2.5 bar Volumen (mlt)	3.0 bar Volumen (mlt)
1	585.33	626.67	640.83	654.00	654.33	704.00
2	620.00	656.00	671.00	680.33	693.00	730.00
3	599.67	650.00	656.67	659.83	679.67	721.00
4	596.00	659.00	672.00	674.67	686.00	735.00
5	662.00	688.33	697.67	702.67	713.33	767.00
6	613.00	643.17	647.33	650.67	675.67	691.00
7	666.33	687.67	696.67	707.33	718.67	767.00
8	645.33	685.17	697.83	711.33	712.67	766.00
9	574.33	621.17	637.33	645.67	647.00	757.00
10	626.00	665.83	683.00	688.33	689.83	726.00
11	644.67	651.00	659.33	694.33	713.00	746.00
12	682.67	692.17	695.33	743.00	755.00	804.00
13	608.67	664.22	664.33	670.00	714.33	720.00
14	621.33	626.33	650.50	666.00	673.67	738.00
15	592.67	621.00	633.33	638.00	650.39	695.00
16	592.33	633.67	646.00	661.33	676.33	706.00
17	647.67	652.67	657.67	709.00	732.33	771.00
18	657.00	683.67	692.00	698.67	707.33	734.00
19	637.67	663.17	678.33	679.67	690.17	768.00
20	550.33	625.83	628.67	652.00	664.33	752.00
21	607.67	646.00	658.33	669.67	675.33	721.00
22	633.33	649.00	650.67	658.00	694.00	712.00
23	585.33	630.00	641.67	672.33	695.33	718.00
24	610.33	652.00	670.33	673.00	675.33	738.00
25	644.00	653.33	666.00	680.67	680.67	773.00



b. Cálculo del caudal en l/h

Nº/Presión	0.6 bar caudal (l/h)	1.0 bar caudal (l/h)	1.5 bar caudal (l/h)	2.0 bar caudal (l/h)	2.5 bar caudal (l/h)	3.0 bar caudal (l/h)
1	3.428	3.677	3.762	3.841	3.843	4.141
2	3.637	3.853	3.943	3.999	4.075	4.298
3	3.514	3.817	3.857	3.876	3.995	4.244
4	3.492	3.871	3.949	3.965	4.033	4.328
5	3.889	4.047	4.103	4.133	4.198	4.520
6	3.594	3.776	3.801	3.821	3.971	4.063
7	3.915	4.043	4.097	4.161	4.230	4.520
8	3.789	4.028	4.104	4.186	4.194	4.514
9	3.362	3.644	3.741	3.791	3.799	4.460
10	3.673	3.912	4.015	4.047	4.056	4.274
11	3.785	3.823	3.873	4.083	4.196	4.394
12	4.013	4.070	4.089	4.376	4.448	4.743
13	3.568	3.902	3.903	3.937	4.204	4.238
14	3.645	3.675	3.820	3.913	3.959	4.346
15	3.472	3.643	3.717	3.745	3.819	4.087
16	3.470	3.719	3.793	3.885	3.975	4.153
17	3.803	3.833	3.863	4.172	4.312	4.544
18	3.859	4.019	4.069	4.109	4.161	4.322
19	3.743	3.896	3.987	3.995	4.058	4.526
20	3.218	3.672	3.689	3.829	3.903	4.430
21	3.562	3.793	3.867	3.935	3.969	4.244
22	3.717	3.811	3.821	3.865	4.081	4.190
23	3.428	3.697	3.767	3.951	4.089	4.226
24	3.578	3.829	3.939	3.955	3.969	4.346
25	3.781	3.837	3.913	4.001	4.001	4.556
<b>promedio</b>	3.637	3.835	3.899	3.983	4.062	4.348

**Anexo 3:** Análisis estadístico con el modelo t . student

**Gotero Azud premier 1.60 (l/h).**

<b>N°/Presión</b>	0.50 bar Volumen (lt)	1.00 bar Volumen (lt)	1.50 bar Volumen (lt)	2.00 bar Volumen (lt)	2.50 bar Volumen (lt)	3.00 bar Volumen (lt)
Muestra (n)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Grados de libertad	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Media	1.67	2.15	2.52	2.85	3.21	3.49
Desviación Estándar (S)	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11
Según tabla $t_{\alpha/2}$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06

En la tabla se encuentra que  $t_{0.025} = 2.0639$  con 24 grados de libertad de aquí el intervalo de confianza del  $1 - \alpha = 95\%$  o un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  para  $\mu$  es:

<b>N° de Prueba según presión</b>		<b>Intervalo de confianza al 95%</b>		
Prueba 01	0.50 bar	1.58	$\mu$	1.62
Prueba 02	1.00 bar	2.12	$\mu$	2.18
Prueba 03	1.50 bar	1.57	$\mu$	1.63
Prueba 04	2.00 bar	2.82	$\mu$	2.89
Prueba 05	2.50 bar	3.18	$\mu$	3.25
Prueba 06	3.00 bar	3.44	$\mu$	3.44

**Gotero Rain bird 2.30 l/h**

<b>N°/Presión</b>	0.50 bar Volumen (lt)	1.00 bar Volumen (lt)	1.50 bar Volumen (lt)	2.00 bar Volumen (lt)	2.50 bar Volumen (lt)	3.00 bar Volumen (lt)
Muestra (n)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Grados de libertad	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Media	2.33	2.33	2.39	2.45	2.45	2.48
Desviación Estándar (S)	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03
Según tabla $t_{\alpha/2}$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06

En la tabla se encuentra que  $t_{0.025} = 2.0639$  con 24 grados de libertad de aquí el intervalo de confianza del  $1 - \alpha = 95\%$  o un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  para  $\mu$  es:

<b>N° de Prueba según presión</b>		<b>Intervalo de confianza al 95%</b>		
Prueba 01	0.50 bar	2.31	$\mu$	2.36
Prueba 02	1.00 bar	2.31	$\mu$	2.35
Prueba 03	1.50 bar	2.37	$\mu$	2.41
Prueba 04	2.00 bar	2.44	$\mu$	2.46
Prueba 05	2.50 bar	2.43	$\mu$	2.46
Prueba 06	3.00 bar	2.47	$\mu$	2.47

### Gotero Desmontable rambo 8.0 l/h

<b>N°/Presión</b>	0.60 bar Volumen (lt)	1.00 bar Volumen (lt)	1.50 bar Volumen (lt)	2.00 bar Volumen (lt)	2.50 bar Volumen (lt)	3.00 bar Volumen (lt)
Muestra (n)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Grados de libertad	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Media	6.77	7.17	7.86	8.26	8.87	10.02
Desviación Estándar (S)	1.10	0.95	0.71	0.92	1.13	1.37
Según tabla $t_{\alpha/2}$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06

En la tabla se encuentra que  $t_{0.025} = 2.0639$  con 24 grados de libertad de aquí el intervalo de confianza del  $1 - \alpha = 95\%$  o un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  para  $\mu$  es:

<b>N° de Prueba según presión</b>		<b>Intervalo de confianza al 95%</b>		
Prueba 01	0.60 bar	6.32	$\mu$	7.23
Prueba 02	1.00 bar	6.78	$\mu$	7.56
Prueba 03	1.50 bar	7.57	$\mu$	8.15
Prueba 04	2.00 bar	7.88	$\mu$	8.64
Prueba 05	2.50 bar	8.40	$\mu$	9.34
Prueba 06	3.00 bar	9.45	$\mu$	9.45

### Gotero Desmontable rambo 4.0 l/h

<b>N°/Presión</b>	0.60 bar Volumen (lt)	1.00 bar Volumen (lt)	1.50 bar Volumen (lt)	2.00 bar Volumen (lt)	2.50 bar Volumen (lt)	3.00 bar Volumen (lt)
Muestra (n)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Grados de libertad	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Media	3.68	3.93	4.09	4.21	4.31	4.56
Desviación Estándar (S)	0.39	0.40	0.44	0.45	0.48	0.58
Según tabla $t_{\alpha/2}$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06

En la tabla se encuentra que  $t_{0.025} = 2.0639$  con 24 grados de libertad de aquí el intervalo de confianza del  $1 - \alpha = 95\%$  o un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  para  $\mu$  es:

<b>N° de Prueba según presión</b>		<b>Intervalo de confianza al 95%</b>		
Prueba 01	0.60 bar	3.52	$\mu$	3.84
Prueba 02	1.00 bar	3.77	$\mu$	4.10
Prueba 03	1.50 bar	3.91	$\mu$	4.27
Prueba 04	2.00 bar	4.03	$\mu$	4.40
Prueba 05	2.50 bar	4.12	$\mu$	4.51
Prueba 06	3.00 bar	4.32	$\mu$	4.32

### Gotero de botón MicroFlapper 4.0 l/h

<b>N°/Presión</b>	0.60 bar Volumen (lt)	1.00 bar Volumen (lt)	1.50 bar Volumen (lt)	2.00 bar Volumen (lt)	2.50 bar Volumen (lt)	3.00 bar Volumen (lt)
Muestra (n)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Grados de libertad	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Media	3.98	4.06	4.15	4.25	4.31	4.44
Desviación Estándar (S)	0.18	0.17	0.14	0.13	0.13	0.15
Según tabla $t_{\alpha/2}$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06

En la tabla se encuentra que  $t_{0.025} = 2.0639$  con 24 grados de libertad de aquí el intervalo de confianza del  $1 - \alpha = 95\%$  o un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  para  $\mu$  es:

<b>N° de Prueba según presión</b>		<b>Intervalo de confianza al 95%</b>		
Prueba 01	0.60 bar	3.91	$\mu$	4.05
Prueba 02	1.00 bar	4.00	$\mu$	4.13
Prueba 03	1.50 bar	4.09	$\mu$	4.21
Prueba 04	2.00 bar	4.20	$\mu$	4.31
Prueba 05	2.50 bar	4.26	$\mu$	4.37
Prueba 06	3.00 bar	4.37	$\mu$	4.37

### Gotero Katif auto compensante 3.75 l/h

<b>N°/Presión</b>	0.60 bar Volumen (lt)	1.00 bar Volumen (lt)	1.50 bar Volumen (lt)	2.00 bar Volumen (lt)	2.50 bar Volumen (lt)	3.00 bar Volumen (lt)
Muestra (n)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Grados de libertad	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Media	3.64	3.84	3.90	3.98	4.06	4.35
Desviación Estándar (S)	0.19	0.13	0.13	0.15	0.16	0.17
Según tabla $t_{\alpha/2}$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06

En la tabla se encuentra que  $t_{0.025} = 2.0639$  con 24 grados de libertad de aquí el intervalo de confianza del  $1 - \alpha = 95\%$  o un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  para  $\mu$  es:

<b>N° de Prueba según presión</b>	<b>Intervalo de confianza al 95%</b>		
Prueba 01 0.60 bar	3.56	$\mu$	3.72
Prueba 02 1.00 bar	3.78	$\mu$	3.89
Prueba 03 1.50 bar	3.85	$\mu$	3.95
Prueba 04 2.00 bar	3.92	$\mu$	4.04
Prueba 05 2.50 bar	4.00	$\mu$	4.13
Prueba 06 3.00 bar	4.28	$\mu$	4.28

**Anexo 4:** Calculo de coeficiente de uniformidad

**Gotero Azud premier 1.60 (l/h)**

<b>Emisor</b>	<b>Intervalo de presiones (bar)</b>	<b>Presión de prueba (bar)</b>	<b>Caudal nominal (l/h)</b>	<b>Caudal medio (l/h)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	0.50	1.60	1.67	0.04	2.70%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.00	1.60	2.15	0.06	2.96%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.50	1.60	2.52	0.07	2.67%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.00	1.60	2.85	0.09	3.01%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.50	1.60	3.21	0.10	2.96%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	3.00	1.60	3.49	0.11	3.12%

**Gotero Rain bird 2.30 l/h**

<b>Emisor</b>	<b>Intervalo de presiones (bar)</b>	<b>Presión de prueba (bar)</b>	<b>Caudal nominal (l/h)</b>	<b>Caudal medio (l/h)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	0.50	2.40	2.33	0.05	2.23%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	1.00	2.40	2.33	0.04	1.73%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	1.50	2.40	2.39	0.05	2.09%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	2.00	2.40	2.45	0.03	1.16%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	2.50	2.40	2.45	0.03	1.05%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	3.00	2.40	2.48	0.03	1.13%



**Gotero Desmontable Rambo 8.0 l/h**

<b>Emisor</b>	<b>Intervalo de presiones (bar)</b>	<b>Presión de prueba (bar)</b>	<b>Caudal nominal (l/h)</b>	<b>Caudal medio (l/h)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	0.60	8.00	6.77	1.10	16.27%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.00	8.00	7.17	0.95	13.20%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.50	8.00	7.86	0.71	8.99%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.00	8.00	8.26	0.92	11.12%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.50	8.00	8.87	1.13	12.79%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	3.00	8.00	10.02	1.37	13.65%

**Gotero Desmontable rambo 4.0 l/h**

<b>Emisor</b>	<b>Intervalo de presiones (bar)</b>	<b>Presión de prueba (bar)</b>	<b>Caudal nominal (l/h)</b>	<b>Caudal medio (l/h)</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	0.60	4.00	3.68	0.39	10.68%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	3.93	0.40	10.04%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.09	0.44	10.77%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.21	0.45	10.76%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.31	0.48	11.07%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.56	0.58	12.82%

### Gotero de botón MicroFlapper 4.0 l/h

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	0.60	4.00	3.98	0.18	4.43%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	4.06	0.17	4.06%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.15	0.14	3.47%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.25	0.13	3.11%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.31	0.13	2.95%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.44	0.15	3.42%

### Gotero Katif auto compensante 3.75 l/h

Emisor	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	0.60	3.75	3.64	0.19	5.29%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.00	3.75	3.84	0.13	3.45%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.50	3.75	3.90	0.13	3.28%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.00	3.75	3.98	0.15	3.72%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.50	3.75	4.06	0.16	3.82%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	3.00	3.75	4.35	0.17	3.90%

**Anexo 5:** Calculo de Coeficiente de Variación

### Gotero Azud premier 1.60 (l/h)

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de variación
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	0.50	1.60	1.67	1.62	96.95%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.00	1.60	2.15	2.08	96.76%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	1.50	1.60	2.52	2.44	96.94%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.00	1.60	2.85	2.76	96.73%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	2.50	1.60	3.21	3.11	96.67%
Gotero Azud premier 1.60 (l/h)	1.0 - 4.0	3.00	1.60	3.49	3.38	96.73%

### Gotero Rain bird 2.30 l/h

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de variación
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	0.50	2.40	2.33	2.28	97.62%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	1.00	2.40	2.33	2.28	98.12%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	1.50	2.40	2.39	2.33	97.45%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	2.00	2.40	2.45	2.41	98.58%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	2.50	2.40	2.45	2.42	98.92%
Rain bird (2.3 l/h)	1.0 - 4.0	3.00	2.40	2.48	2.45	98.76%

### Gotero Desmontable rambo 8.0 l/h

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de variación
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	0.6	8	6.772	5.551	81.97%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1	8	7.169	6.101	85.11%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	1.5	8	7.863	7.049	89.66%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2	8	8.259	7.284	88.19%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	2.5	8	8.870	7.631	86.03%
Gotero Desmontable Rambo 8 L/h	1.0 - 4.0	3	8	10.019	8.326	83.11%

### Gotero Desmontable rambo 4.0 l/h

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de variación
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	0.60	4.00	3.681	3.164	85.95%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	3.934	3.448	87.64%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.089	3.574	87.40%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.214	3.686	87.46%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.312	3.741	86.76%
Gotero Desmontable Rambo 4 L/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.563	3.863	84.65%

**Gotero de botón MicroFlapper 4.0 l/h**

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de variación
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	0.60	4.00	3.978	3.767	94.71%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.00	4.00	4.064	3.863	95.05%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	1.50	4.00	4.152	3.978	95.82%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.00	4.00	4.251	4.088	96.17%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	2.50	4.00	4.314	4.151	96.21%
Gotero de botón MicroFlapper 4 l/h	1.0 - 4.0	3.00	4.00	4.436	4.243	95.64%

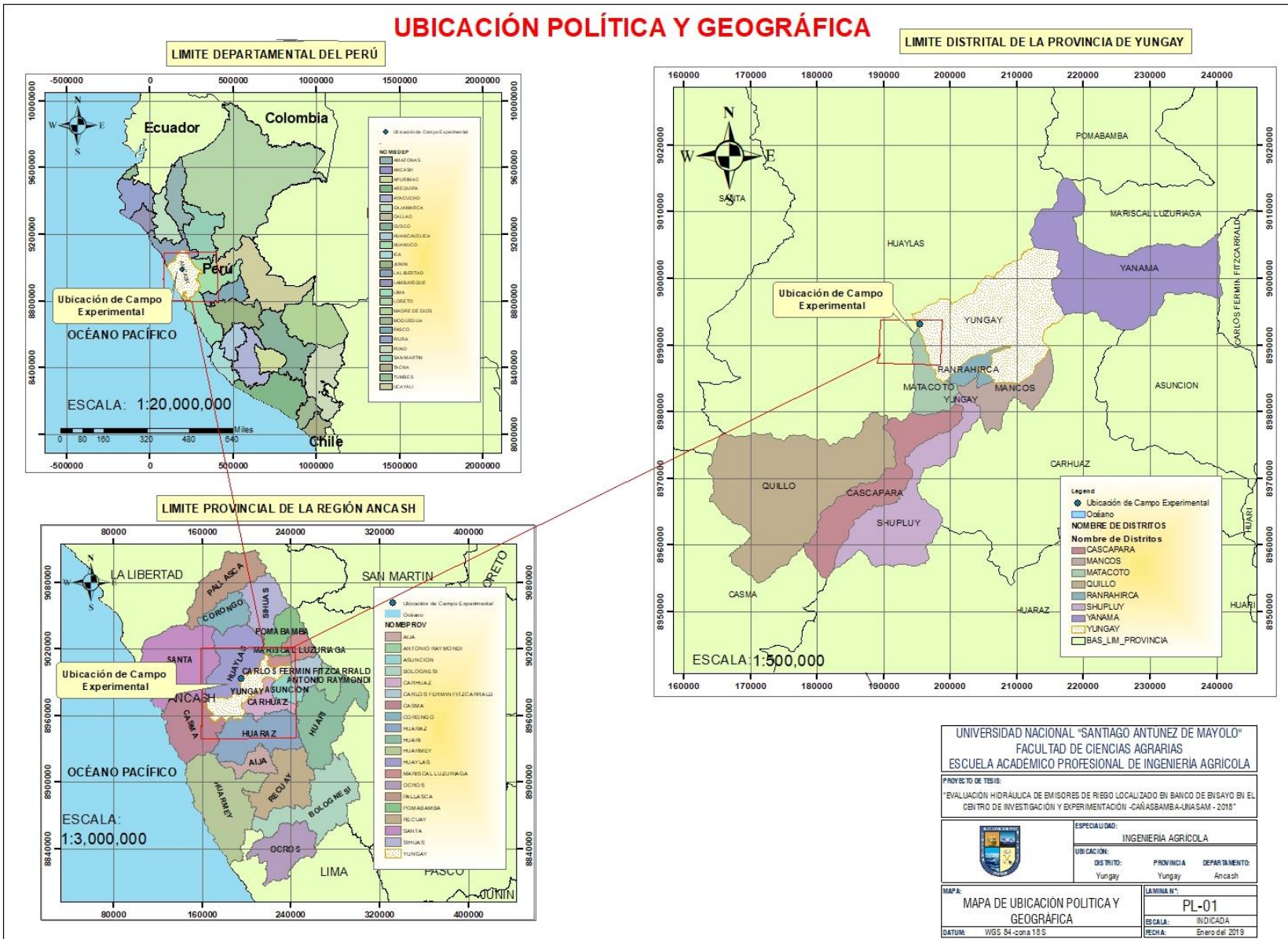
**Gotero Katif auto compensante 3.75 l/h**

Emisores	Intervalo de presiones (bar)	Presión de prueba (bar)	Caudal nominal (l/h)	Caudal medio (l/h)	Caudal al 25% (l/h)	Coefficiente de variación
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	0.60	3.75	3.637	3.410	93.75%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.00	3.75	3.835	3.675	95.82%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	1.50	3.75	3.899	3.753	96.24%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.00	3.75	3.983	3.824	96.01%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	2.50	3.75	4.062	3.894	95.89%
gotero Katif – Autocompensante 3.75	1.0 - 4.0	3.00	3.75	4.348	4.157	95.60%

**Anexo 6:** Ubicación del área de estudio

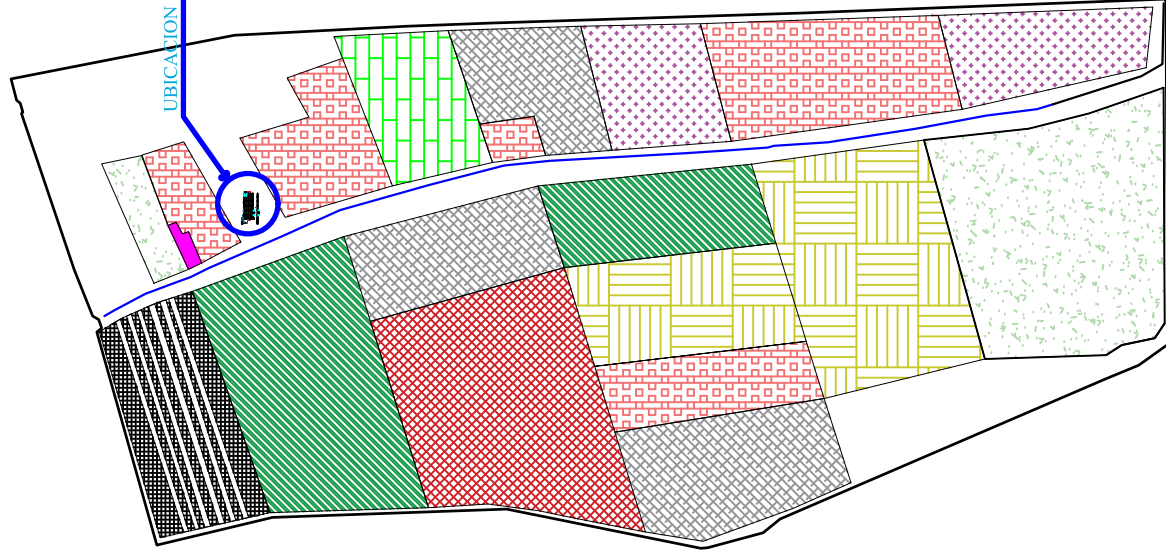
# Plano de ubicación política y geográfica PL-01

## UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA















# DISTRIBUCION DE CULTIVOS - CAÑASBAMBA



UBICACION DEL BANCO DE PRUEBAS

CULTIVO	AREA (Ha.)
 LUCMA	0.5672
 PALTO	1.4139
 MANZANA	1.1180
 FLORES	1.3681
 DURAZNO	0.7748
 MAIZ	1.3150
 QUINUA	0.7865
 LIMA DULCE	0.5348
 UVA	0.0156
 AREA DESERTICA	1.3760
<b>AREA TOTAL : 12.4227 Ha</b>	



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

\* DISEÑO DE BANCO DE ENSAYO PARA LA EVALUACION HIDRAULICA DE EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO EN EL CIE - CAÑASBAMBA - UNASAM -2018

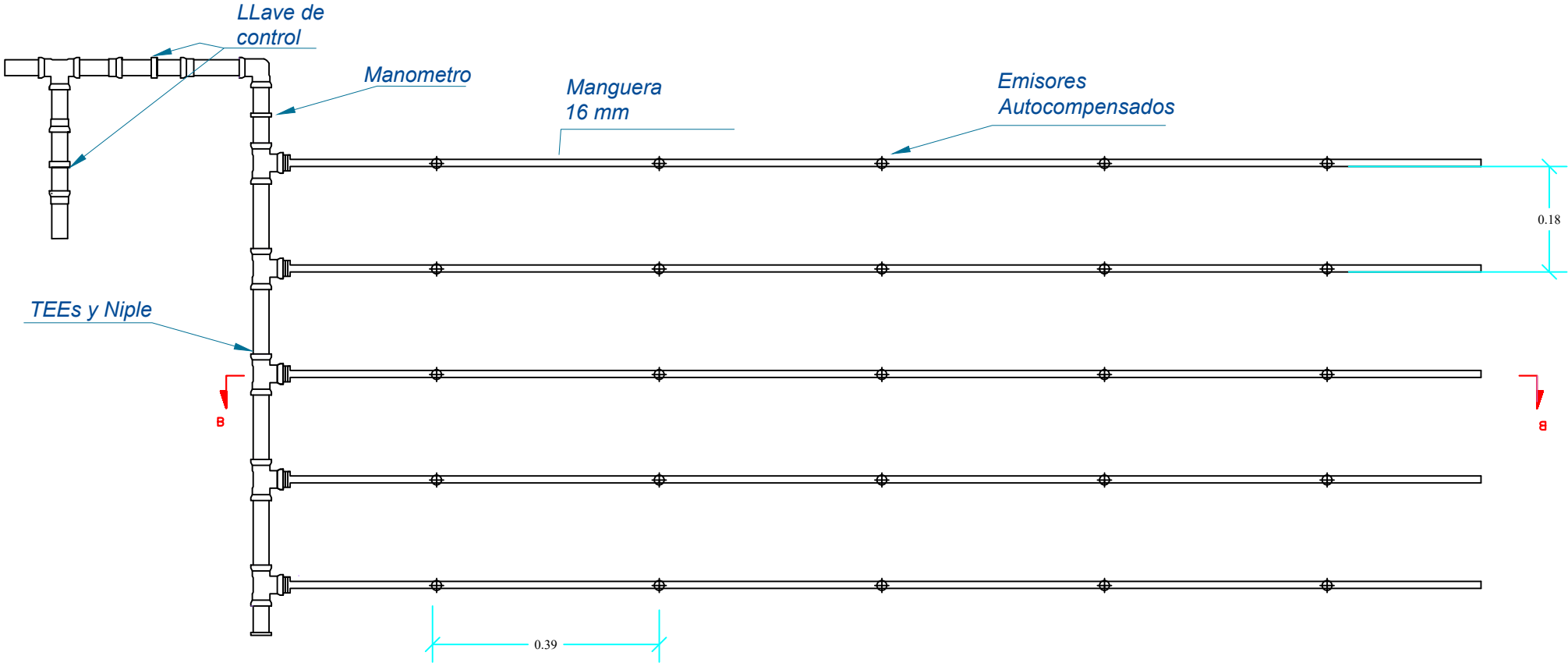
UBICACION: DISTRITO CARAZ PROVINCIA CARAZ DEPARTAMENTO ANCASH

PLANO UBICACION PLANO N° PL-02

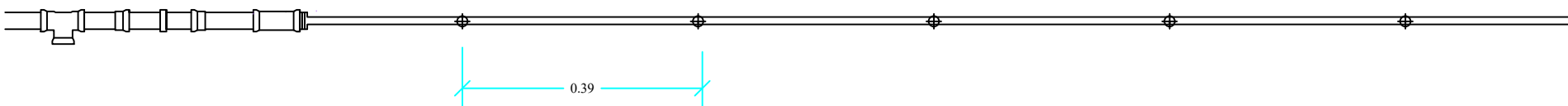
FECHA: OCTUBRE - 2019 TESIS: MAYLLE AMBROCIO JIBOI JESUS ESCALA 1/5000

**Anexo 7:** Esquema del banco de pruebas

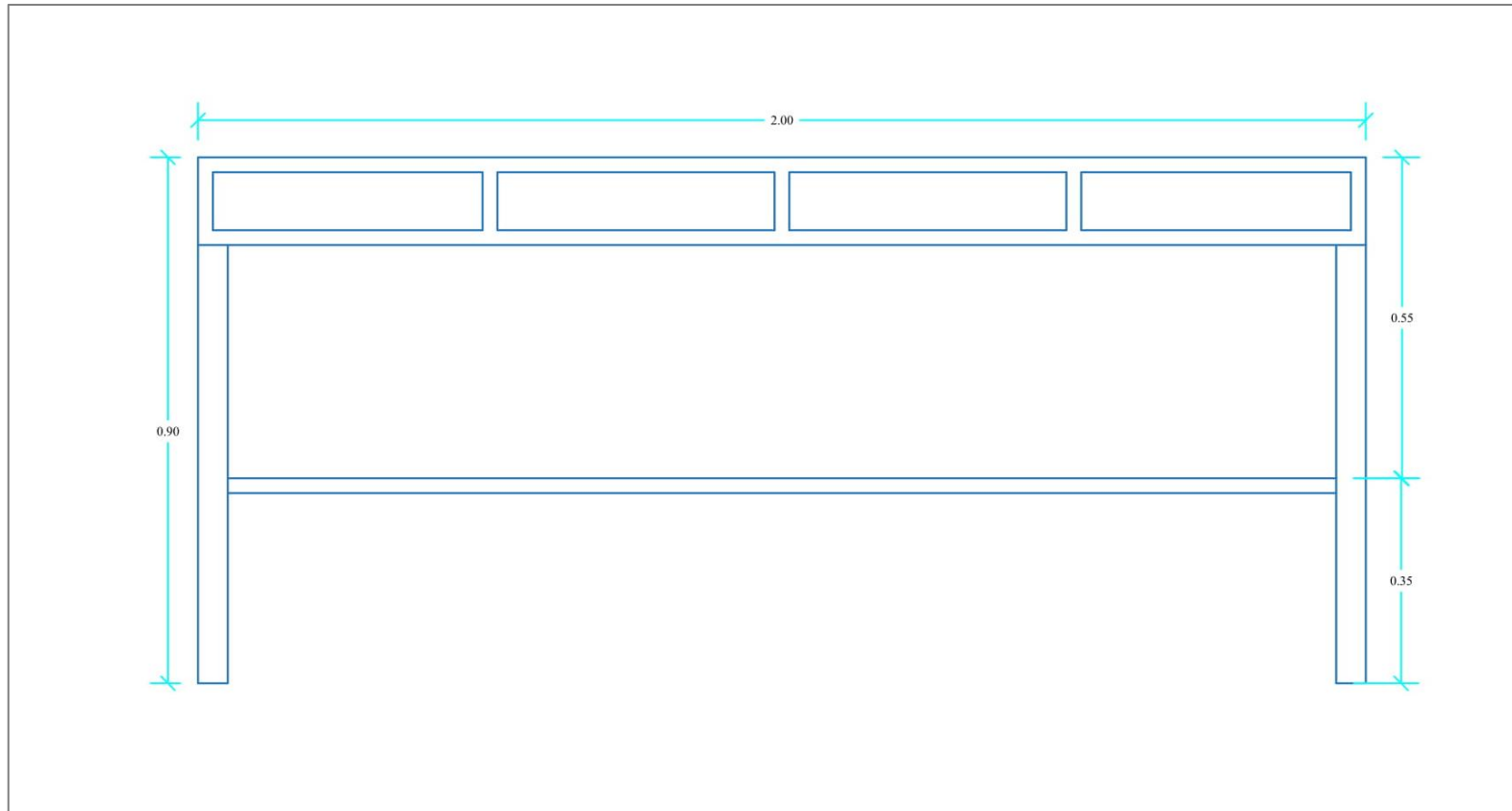
### DISTRIBUCIÓN DE EMISORES EN BANCO DE PRUEBAS



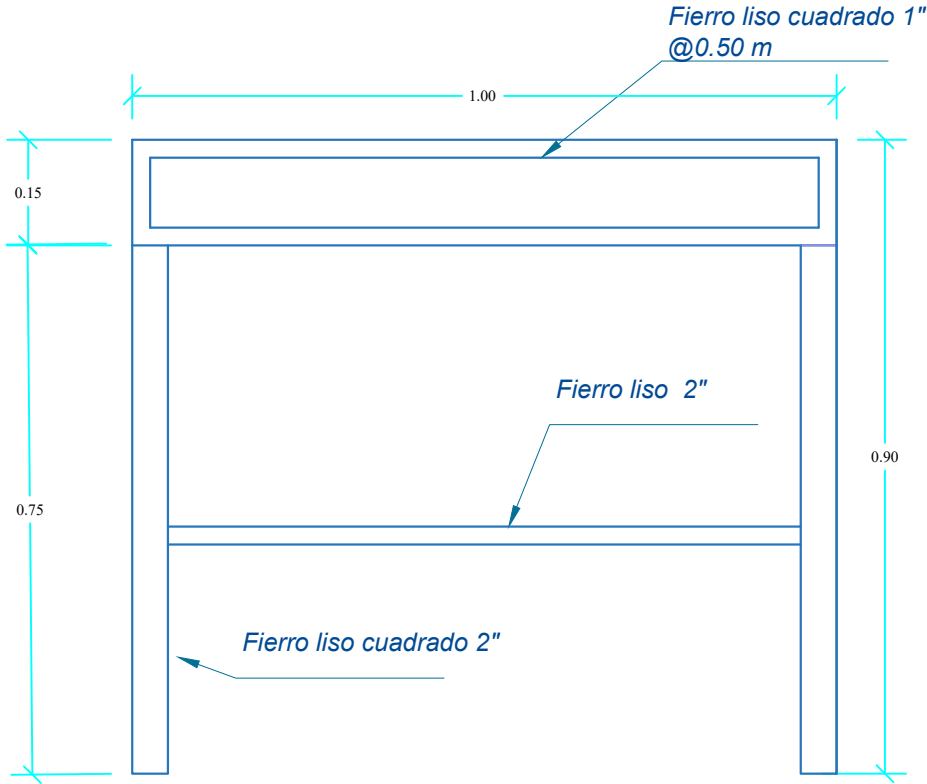
#### CORTE B-B



**PL - 04** vista en perfil del banco de pruebas ( corte J-J)



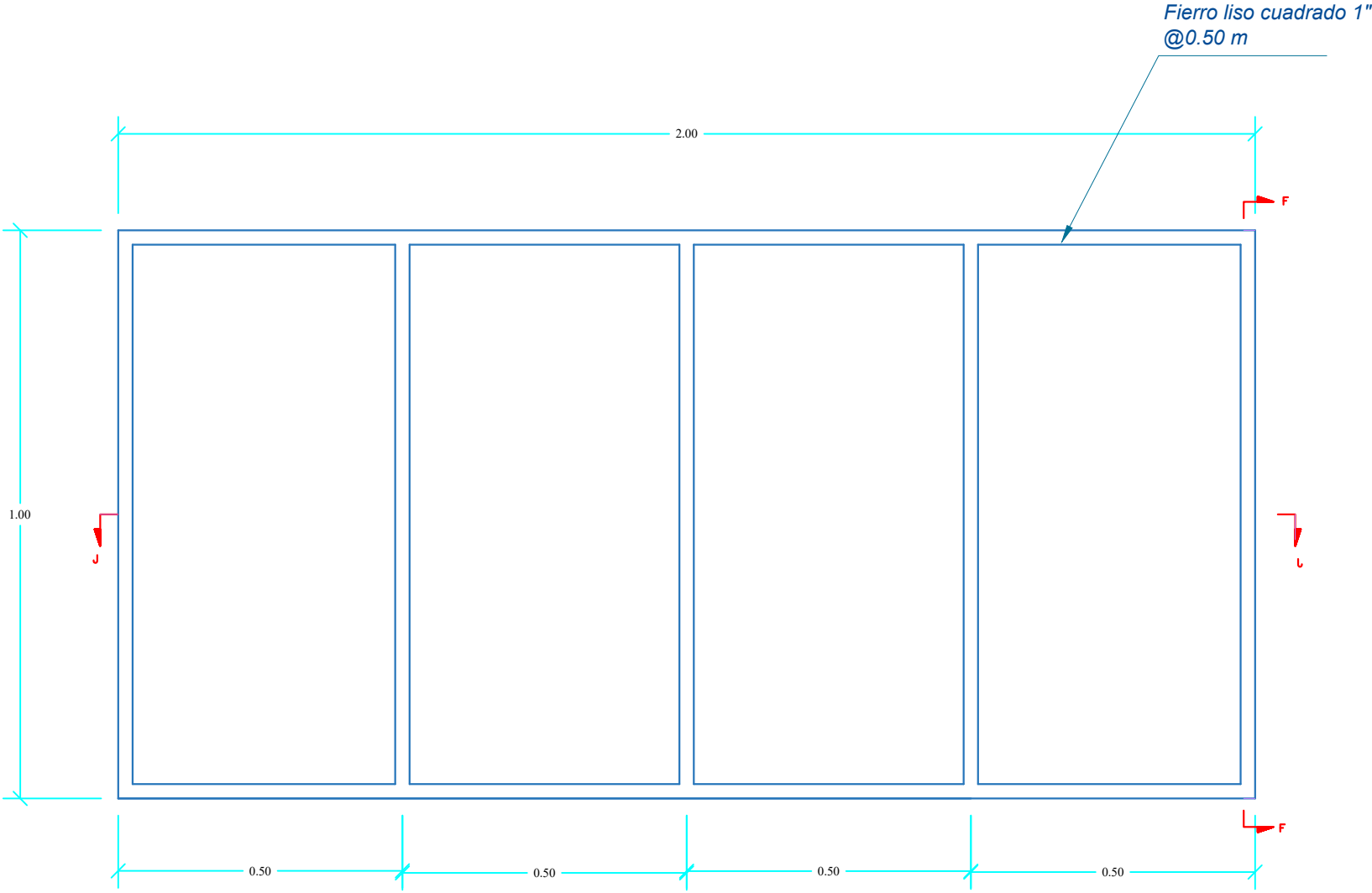
VISTA EN PERFIL DE BANCO DE PRUEBAS - CORTE (G -G)



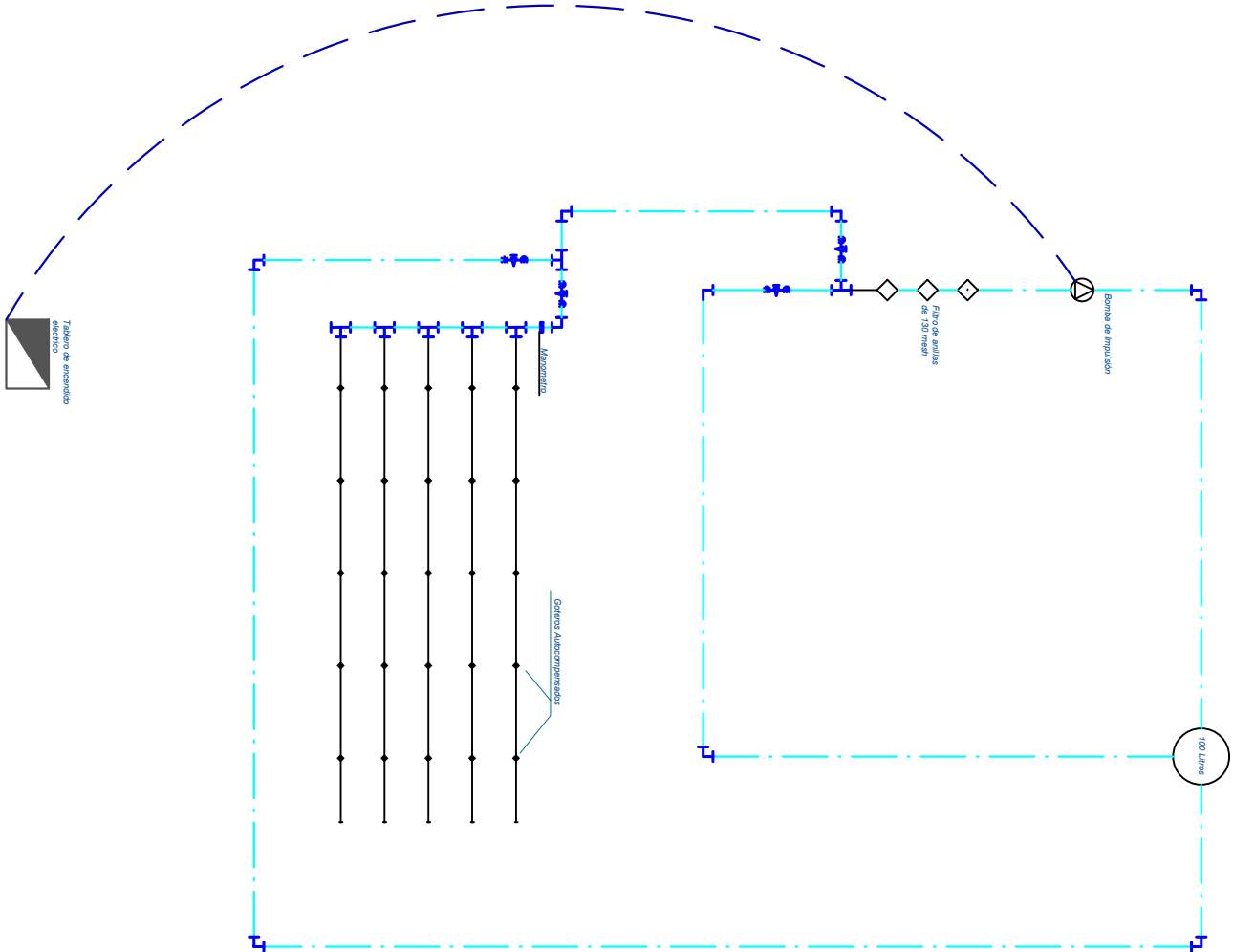
DETALLES DE BANDEJA RECEPTORA DE L BANCO DE PRUEBAS



ESTRUCTURA SUPERIOR DEL BANCO DE PRUEBAS



# PLANO DE INSTALACION ELECTRICA DEL BANCO DE PRUEBAS





**Anexo 8:** Catalogo de los emisores evaluados.

## Gotero rain bird 1.60 l/h

### Riego Localizado

Tubería de goteo Serie XF

### Tubería de goteo superficial XFD

La tubería con goteros autocompensantes más flexible del mercado para el riego de cubiertas vegetales, setos, plantaciones densas, etc.

#### Características

- Instalación muy rápida y sencilla gracias a su a extra flexibilidad.
- La tubería de doble capa (marrón sobre negro o violeta sobre negro) proporciona una resistencia sin competencia a los productos químicos, los daños debidos a los rayos UV y al crecimiento de algas.
- Gotero muy fiable (patente pendiente)
- Distancias laterales más largas que la competencia.
- Material único que ofrece una flexibilidad significativamente mayor, permitiendo giros más cerrados con menos codos para una instalación más sencilla.
- La elección de caudales, la separación y las longitudes de la bobina proporcionan flexibilidad en el diseño para diferentes aplicaciones de césped.
- Use un kit de válvula de alivio de aire/vacío para instalaciones de riego enterrado (pág. 116)

#### Rango de funcionamiento

- Presión: de 0,58 a 4,1 bar
- Rangos de caudal: 1,6 l/h, 2,3 l/h y 3,5 l/h
- Temperatura: del agua hasta 37,8 °C; ambiente hasta 51,7 °C
- Filtrado necesario: 125 micrones

#### Especificaciones

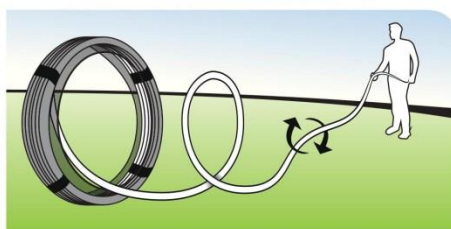
- Diámetro exterior: 16,1 mm
- Diámetro interior: 13,6 mm
- Espesor de la pared: 1,2 mm
- Separación: 33, 40 o 50 cm
- Longitudes: bobinas de 25, 50, 100 m
- Utilícelo con accesorios de inserción para tuberías de goteo XF.



Tubería de goteo XFD



La tubería de goteo XFD ofrece una flexibilidad mejorada para la resistencia al estrangulamiento y una fácil instalación. La tubería de goteo se puede doblar hacia abajo a un radio de 7,62 cm sin torceduras.



La bobina autodispensante reduce el tiempo del trazado y facilita la instalación.

## Accesorios de conexión compatibles



Accesorios de inserción para sistemas de tubería de goteo XF (pág. 114)



Accesorios de compresión rápida (pág. 115)

### Modelos de tuberías de goteo en superficie XFD

Modelo	Caudal l/h	Separación cm	Longitud de la bobina m
XFD1633100	1,6	33	100
XFD2333100	2,3	33	100
XFD2340100	2,3	40	100
XFD2350100	2,3	50	100
XFD233350	2,3	33	50
XFD233325	2,3	33	25
XFDB2333100	2,3	33	100
XFDB233350	2,3	33	50
XFDB233325	2,3	33	25
XFDB3533100	3,5	33	100
XFDB353350	3,5	33	50

### Modelos de tuberías de goteo en superficie XFD

Modelo	Caudal gph	Separación pulg.	Longitud de la bobina pies
XFD-06-12-100	0,60	12	100
XFD-06-12-250	0,60	12	250
XFD-06-12-500	0,60	12	500
XFD-06-18-100	0,60	18	100
XFD-06-18-250	0,60	18	250
XFD-06-18-500	0,60	18	500
XFD-09-12-100	0,90	12	100
XFD-09-12-250	0,90	12	250
XFD-09-12-500	0,90	12	500
XFD-09-18-100	0,90	18	100
XFD-09-18-250	0,90	18	250
XFD-09-18-500	0,90	18	500
XFDP-06-12-500 (violeta)	0,60	12	500
XFDP-06-18-500 (violeta)	0,60	18	500
XFDP-09-12-500 (violeta)	0,90	12	500
XFDP-09-18-500 (violeta)	0,90	18	500

Riego por goteo

### Longitudes laterales máximas de la tubería de goteo en superficie XFD (metros)

Presión de entrada (bar)	Longitud lateral máxima (metros)					
	33 cm			40 cm		
	Caudal nominal (l/h)					
	1,6	2,3	3,5	1,6	2,3	3,5
1,00	104	79	54	112	85	100
1,70	131	104	77	136	108	129
2,40	146	121	93	153	127	152
3,10	160	135	105	168	141	162
3,80	172	143	116	176	148	169

### Longitudes laterales máximas de la tubería de goteo en superficie XFD (en pies)

Presión de entrada psi	Longitud lateral máxima (pies)			
	Separación de 12"		Separación de 18"	
	Caudal nominal (gph):		Caudal nominal (gph):	
	0,6	0,9	0,6	0,9
15	273	155	314	250
20	318	169	353	294
30	360	230	413	350
40	395	255	465	402
50	417	285	528	420
60	460	290	596	455

## Gotero Desmontable Rambo 4 l/h



# ORBES AGRICOLA <sup>S</sup><sub>A</sub><sub>C</sub>

*Comprometido con la prosperidad del agro peruano*

## GOTERO DESMONTABLE RAMBO 4L/h



EL GOTERO SUPERTIF ES PERFECTO SI LO QUE SE BUSCA UNA PRECISION DE AGUA EXACTA EN LA EXPULSION DE TU GOTERO.

CUMPLE TODO LO NECESARIO PARA PODER TRABAJAR TANTO EN EL SECTOR DE JARDINERIA (viveros, invernaderos, regaderas...) COMO EN LARGAS PROLONGACIONES PARA USO AGRICOLA.

ESTA FABRICADO CON MATERIALES DE PRIMERA CALIDAD PARA BRINDAR UNA VIDA UTIL PROLONGADA.

Gotero autocompensante desmontable para su limpieza, recomendado para terrenos ondulados y pendientes escarpadas.

Caudal: 4 Litros/hora

Características:

Presión de trabajo: 1.5 atm

Diafragma de goma siliconada que asegura una trabajo consistente por un período más largo.

Entrada angosta en forma de cruz que actúa como filtro.

Diseño de autolimpieza que asegura el lavado en todo momento durante su función



Av. Los Cipreses N° 140 Sta. Anita – Lima (C. Central / Vía Evitamiento - Costado Mall Plaza Santa Anita)  
Telf.: 362-2343 / 362-3392 / 362-5057 Nextel: 831\*3615 / 831\*7929 - Móvil: 9999-84708 RPM: #801515 / #864287

HUANCAYO: (064)387095 / #864283 - CHICLAYO: (074)206394 / #300307 - TRUJILLO: #300306 - CUSCO: (084)252591 / #662121

[www.orbesagricolasac.com](http://www.orbesagricolasac.com) - [ventas@orbesagricolasac.com](mailto:ventas@orbesagricolasac.com)



## Gotero MicroFlapper 4 l/h



**ORBES AGRICOLA** S.A.C.  
Comprometido con la prosperidad del agro peruano

# MicroFlapper

## Gotero de botón MicroFlapper

El MicroFlapper es un emisor de bajo caudal de una salida; compensando la presión y auto limpiando las pequeñas partículas de la línea cada vez que el sistema se detiene.

## Características del MicroFlapper

Diseñado para viñedos, frutales, flores y en camas de plantación cubiertas.

El diafragma del emisor esta construido a partir de silicona, el cual permite un flujo uniforme a través de un rango amplio de 0,6 Bar a 4,0 Bares de presión. Entrada y salida espiga de 4,7 mm x 3,2 mm respectivamente.

4 modelos fácilmente identificables con el siguiente código de colores:

2 L/h	Cafe
3 L/h	Azul
4 L/h	Negro
8 L/h	Verde

Una vez instalado presenta un muy bajo perfil sobre la línea, reduciendo la probabilidad de daños por manipulación.

Requiere un sistema de filtrado de al menos 150 mesh.

## Diagrama de acción del MicroFlapper

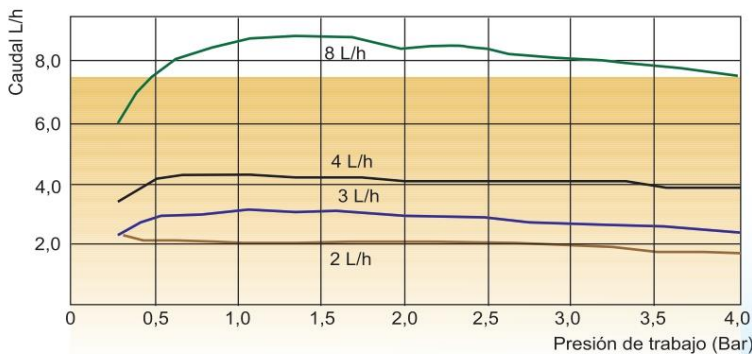
El diafragma patentado del MicroFlapper es el responsable de la acción de auto compensación del emisor y también permite el lavado automático (limpieza) del mismo. El orificio está ampliamente abierto y permite el lavado hasta que el sistema completa la presurización.

Luego se cierra a su posición de regulación. Esta acción se repite cuando se apaga el sistema. El orificio se abre y así las partículas atrapadas son expulsadas.

La operación frecuente del sistema de riego utiliza mejor esta acción de autolimpieza.



## Curvas de descarga



Av. Los Cipreses N° 140 Sta. Anita – Lima (C. Central / Vía Evitamiento - Costado Mall Plaza Santa Anita)  
Telf.: 362-2343 / 362-3392 / 362-5057 - Móvil: 9999-84708 RPM: #801515 / #864287

[www.orbesagricolasac.com](http://www.orbesagricolasac.com) - [ventas@orbesagricolasac.com](mailto:ventas@orbesagricolasac.com)

## Gotero Katif – auto compensante 3.75 l/h



**ORBES AGRICOLA** <sup>S</sup><sub>A</sub><sup>C</sup>

*Comprometido con la prosperidad del agro peruano*

## GOTERO KATIF - Autocompensante

El gotero en línea autocompensante Katif de brinda varias funciones fundamentales, entre ellas, un mecanismo autolimpiante, baja silueta y diafragma de regulación de caudal muy preciso. Si se combinan todas estas funciones, el gotero en línea autocompensante Katif puede utilizarse en condiciones topográficas desafiantes y laterales de larga longitud sin problemas.

Y debido a que el gotero en línea autocompensante Katif de está fabricado con materias primas de alta calidad, es resistente a la degradación causada por los rayos UV y a los productos químicos y fertilizantes que comunmente se usan en la agricultura.

### Especificaciones

Caudales: 2,3, 3,75, 8,4 l/h

Rango de presión de trabajo:  
De 0,8 a 3,0 bar

Disponible preinsertado en tuberías PE de 16 a 20 mm, con cualquier espaciamiento requerido; o suelto para instalarlo en el sitio

Dos versiones de salida de agua:

Salida superior: evita las pérdidas de agua en la línea de goteo

Salida lateral: sin chorros de agua sobre la línea de goteo

Instalación: Con una herramienta para perforar de 2,8 mm



Av. Los Cipreses N° 140 Sta. Anita – Lima (C. Central / Vía Evitamiento - Costado Mall Plaza Santa Anita)  
Telf.: 362-2343 / 362-3392 / 362-5057 - Móvil: 9999-84708 RPM: #801515 / #864287

HUANCAYO: (064)387095 / #864283 - CHICLAYO: (074)206394 / #300307 - TRUJILLO: #300306 - CUSCO: (084)252591 / #662121

[www.orbesagricolasac.com](http://www.orbesagricolasac.com) - [ventas@orbesagricolasac.com](mailto:ventas@orbesagricolasac.com)

**Anexo 9:** Panel fotográfico.



**Anexo 9.1.** filtro de anillos antes del mantenimiento



**Anexo 9.2.** Dosificación de cloro para limpieza de filtro de anillos.





**Anexo 9.3.** mantenimiento de filtro de anillos.



**Anexo 9.4.** filtro con mantenimiento respectivo.





**Anexo 9.5.** Adecuación de tuberías para instalación de banco de pruebas.



**Anexo 9.6.** corte de manguera para instalación de emisores.





**Anexo 9.7.** instalación de tees y codos para la adecuar el banco de pruebas.

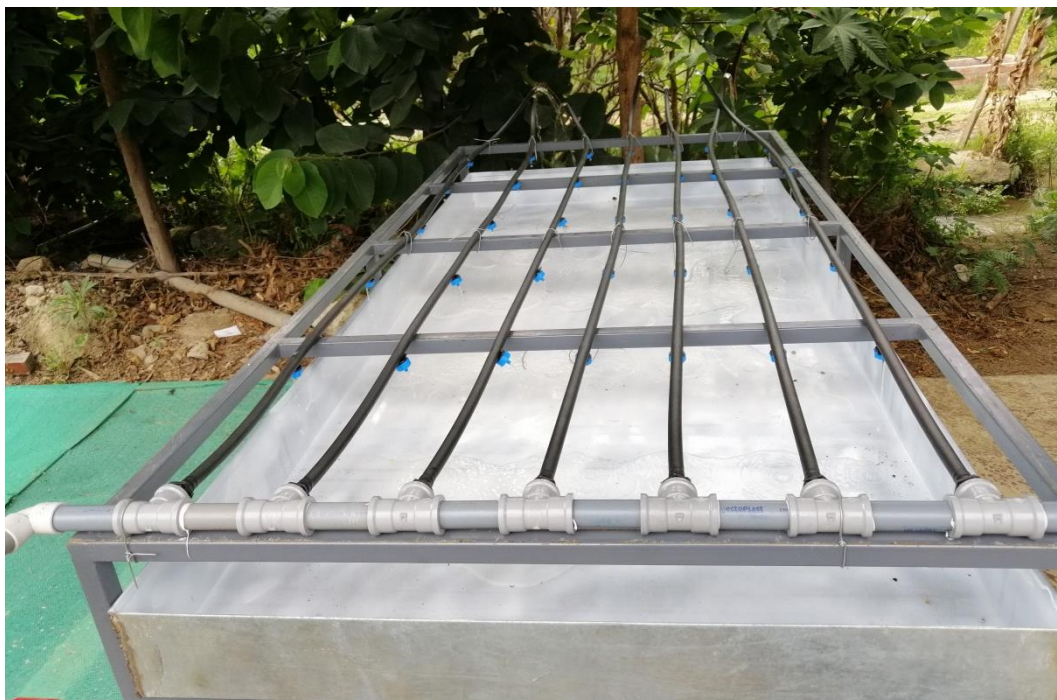


**Anexo 9.8.** Unión de té con Niples.





**Anexo 9.9.** vista de banco de pruebas instalado.



**Anexo 9.10.** instalación de tuberías de la fuente de agua al banco de pruebas.





**Anexo 9.11.** accesorio para instalación de red de tubería.



**Anexo 9.12.** reservorio provisional instalado.





**Anexo 9.13.** reservorio provisional instalado.



**Anexo 9.14.** instalación de manómetro



**Anexo 9.15.** banco de pruebas



**Anexo 9.16.** calibración de la llave de paso para graduar la presión de trabajo.





**Anexo 9.17.** medición de peso de volumen de agua decaucionada en balanza electrónica



**Anexo 9.18.** visita de campo en el CIE- CAÑASBAMBA

