

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola



**EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN RIEGO
LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA (RLAF) EMPLEANDO TRES
CINTAS DE RIEGO. FUNDO “LA BANDA”. HUASACACHE. HUNTER.
AREQUIPA. 2017.**

Tesis presentada por el Bachiller:

Chara Bautista, Jaime Rodrigo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Asesor:

Mg. Zegarra Flores, Jorge Arturo

Arequipa – Perú

2019



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERÚ

**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS
(Jurado)**

Señor

Ing. FROY COLOMA DONGO

Director del P.P. de Ingeniería Agronómica

Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted., que se ha procedido a revisar el BORRADOR de Tesis titulado:

**EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN RIEGO
LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA EMPLEANDO TRES TIPOS DE
EMISORES FUNDO LA BANDA (HUASACACHE), HUNTER AREQUIPA”,**

Alumno: JAIME RODRIGO CHARA BAUTISTA

Asesor: Ing. Jorge Zegarra Flores

El jurado Dictaminador presidido por, Ing. Humberto Stretz Chavez, Ing. Guillermo Linares Quiroz, Ing. Isaac Martinez Gonzales

DICTAMINAN

Procede a Sustantación del trabajo de investigación

OBSERVACIONES

Arequipa, 22 de Abril de 2019

Ing. Humberto Stretz Chavez

Ing. Guillermo Linares Quiroz

Ing. Isaac Martinez Gonzales

DEDICATORIA

*Esta tesis se la dedico a mi Padre **Jaime** (q.e.p.d.), por su esfuerzo y tenacidad me impulso a seguir hacia delante y a no darme por vencido ante la adversidad, por el tiempo que estuviste conmigo, compartiendo tus experiencias, conocimientos y consejos, por tu amor.*

Gracias



AGRADECIMIENTOS

A mi madre Juana, por darme su amor y brindarme el apoyo necesario para realizar esta investigación.

A mi amor Magaly por su comprensión y cariño y por creer en mi capacidad siempre te estaré eternamente agradecido.

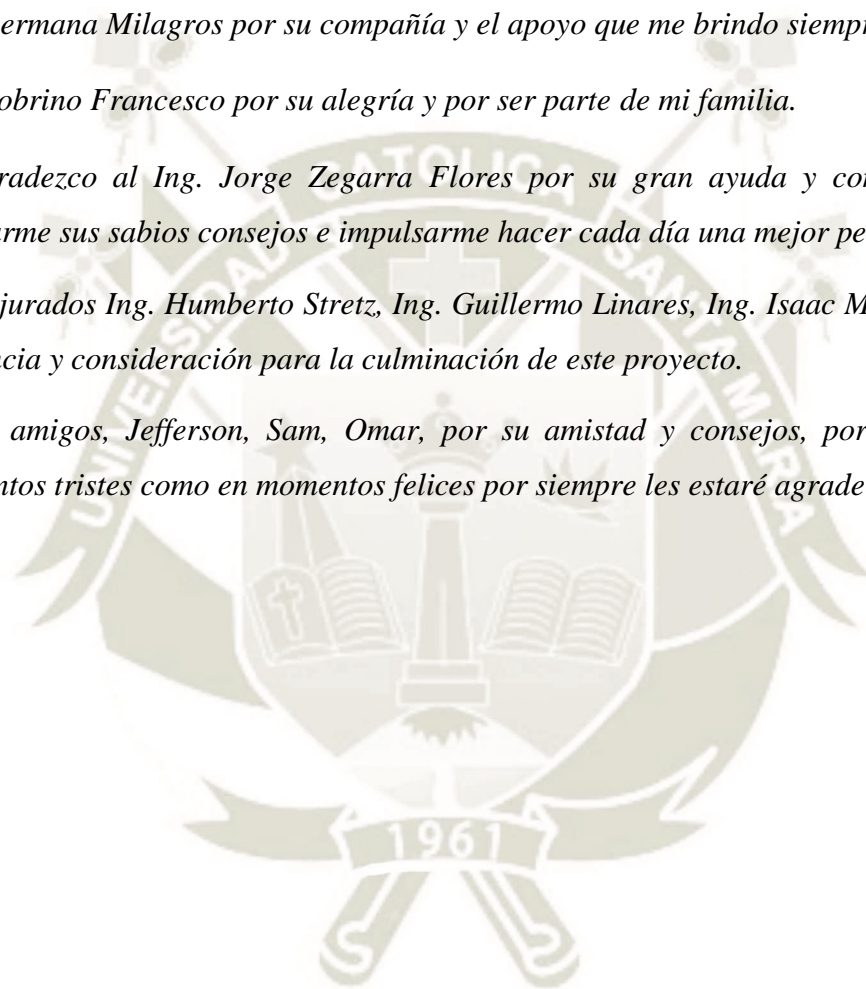
A mi hermana Milagros por su compañía y el apoyo que me brindo siempre.

A mi sobrino Francesco por su alegría y por ser parte de mi familia.

Le agradezco al Ing. Jorge Zegarra Flores por su gran ayuda y comprensión, por brindarme sus sabios consejos e impulsarme hacer cada día una mejor persona.

A mis jurados Ing. Humberto Stretz, Ing. Guillermo Linares, Ing. Isaac Martínez por su paciencia y consideración para la culminación de este proyecto.

A mis amigos, Jefferson, Sam, Omar, por su amistad y consejos, por su ayuda en momentos tristes como en momentos felices por siempre les estaré agradecido.



No puedes conectar los puntos mirando hacia adelante; solo puedes hacerlo mirando hacia atrás. Así que tienes que confiar en que los puntos se conectarán de alguna forma en el futuro. Tienes que confiar en algo, tu instinto, el destino, la vida, el karma, lo que sea. Porque creer que los puntos se conectarán luego en el camino te dará la confianza de seguir tu corazón, incluso cuando te conduce fuera del camino trillado y eso hará toda la diferencia.

Steve Jobs



INTRODUCCIÓN

El riego a presión en el mundo, específicamente el riego localizado por goteo, se remonta a los primeros ensayos, en Alemania (1899) y EE.UU. (1918), mediante tuberías porosas, luego se extendió a otros países como Japón, Israel, Canadá, Holanda, etc. pero la verdadera expansión de este sistema de riego, se inicia en la década del 60 en Israel. En 1974 a nivel mundial había 85 000 has., de las cuales 42 000 has estaban en EE. UU. (Medina San Juan, 1993) y de acuerdo a las predicciones del mismo autor para el año 1980, se vería triplicada la superficie en EE.UU. y duplicada en el resto del mundo, pero estas predicciones quedaron cortas, ya que fueron ampliamente superadas dado el impacto que causó en distintos países como México, Argentina, Chile, Perú y otros países (Pizarro, 1996).

El riego por goteo fue desarrollado para lograr una mejor localización y eficiencia en la aplicación de agua. Los emisores que son colocados a lo largo de las líneas laterales actúan como dispositivos de disipación de presión y puntos de aplicación del agua de riego, de tal manera que esto puede resultar en una aplicación altamente frecuente de pequeños volúmenes de agua. Esto permite obtener un método de riego donde dependiendo de las consideraciones tomadas en el diseño se puede lograr que de un 90% a un 100% de agua aplicada en el riego sea benéficamente transpirada por el cultivo irrigado y muy poca, si no es que ninguna sea perdida por percolación profunda o evaporación (FAO, 1974, 140 p.).

Cuando el agua que es descargada de los emisores alcanza a infiltrarse dentro del suelo, su distribución a través del suelo depende de las fuerzas de conducción (fuerzas debidas a las diferencias de presiones y la gravedad). La efectividad de la redistribución de la humedad del suelo, sin embargo, es limitada por las restricciones del flujo horizontal en el suelo. En la actualidad las técnicas de diseño toman esto dentro de sus consideraciones resultando en diseños los cuales logran adecuadamente humedecer el deseado volumen radicular y al mismo tiempo reducir las pérdidas anteriormente mencionadas.

Un sistema ideal de riego por goteo sería aquel donde existiera una descarga uniforme de cada uno de los emisores, resultando en una aplicación uniforme del agua a través de toda la zona radicular del cultivo. Sin embargo, el diseño de tal sistema es impedido por varios factores que reducen la posibilidad de lograr una descarga uniforme de cada uno de los emisores. Actualmente las técnicas de diseño toman esos factores en consideración y

pueden resultar en uniformidades de aplicaciones tan altos como el 90%. Por lo tanto, valores altos de eficiencia de aplicación son también obtenidos (García y Briones, 1997).



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda”, Huasacache, de setiembre del 2017 a diciembre del 2017. El objetivo fue evaluar el coeficiente de uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF), empleando tres tipos de cintas de riego. Las cintas de riego fueron: Ro-Drip, Netafim y Aqua Traxx. Se empleó el diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron cinta de riego Ro-Drip de 16mm. de diámetro con goteros cada 20 cm. que trabajó a una presión alta de 0.55 bar y a una presión baja de 0.30 bar; cinta de riego Netafim de 16mm. de diámetro con goteros cada 20 cm, que trabajó a una presión alta de 0.80 bar y a una presión baja de 0.65 bar y cinta de riego Aqua Traxx de 16mm. de diámetro con goteros cada 20 cm. que operó a una presión alta de 0.70 bar y a una presión baja de 0.55 bar. Se evaluó el coeficiente de uniformidad de caudal, el coeficiente de uniformidad de presión. Se concluye que no hay diferencias significativas en el coeficiente de uniformidad de caudal (CUc) con presiones altas de trabajo, para las tres cintas de riego (Ro-Drip, Netafim y Aqua Traxx) con 92.74 %, 94.80 % y 95.39 %. Con presiones bajas de trabajo, hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUc) para las cintas de Riego (Ro-Drip, Netafim y Aqua Traxx) con 90.49 %, 92.64 % y 93.85 %, respectivamente, destacando la Cinta Aqua Traxx, estadísticamente diferente a los demás con 93.85 %. No hay diferencias significativas en el coeficiente de uniformidad de presión (CUp) con presiones altas de trabajo para cintas de riego (Ro-Drip, Netafim y Aqua Traxx) con 93.01%, 93.60 % y 94,28%, respectivamente. Con presiones bajas de trabajo, no hay diferencias significativas en el coeficiente de uniformidad de presión (CUp) para las cintas de riego (Ro-Drip, Netafim y Aqua Traxx) con 93.19 %, 94.07 % y 94.88 %, respectivamente.

Palabras Claves: Coeficiente de Uniformidad, RO-DRIP, NETAFIM, AQUA TRAXX

ABSTRACT

The present research work was carried out in edaphoclimatic conditions of the "La Banda" Farm, Huasacache, from September 2017 to December 2017. The objective was to evaluate the uniformity coefficient in high frequency localized irrigation (RLAF), using three types of irrigation tapes. The irrigation tapes were: Ro-Drip, Netafim and Aqua Traxx. The design of complete blocks was used at random, with three treatments and three repetitions. The treatments were 16mm Ro-Drip irrigation tape. in diameter with drippers every 20 cm. which worked at a high pressure of 0.55 bar and at a low pressure of 0.30 bar; Netafim 16mm diameter irrigation tape with drippers every 20 cm, which worked at a high pressure of 0.80 bar and at a low pressure of 0.65 bar and Aqua Traxx 16 mm irrigation tape. in diameter with drippers every 20 cm. which operated at a high pressure of 0.70 bar and at a low pressure of 0.55 bar. The coefficient of uniformity of flow rate, the coefficient of uniformity of pressure was evaluated. It is concluded that there are no significant differences in the coefficient of flow uniformity (CUc) with high working pressures, for the three irrigation belts (Ro-Drip, Netafim and Aqua Traxx) with 92.74%, 94.80% and 95.39%. With low working pressures, there are significant differences in the Flow Uniformity Coefficient (CUc) for the Irrigation belts (Ro-Drip, Netafim and Aqua Traxx) with 90.49%, 92.64% and 93.85%, respectively, highlighting the Aqua Ribbon Traxx, statistically different from the others with 93.85%. There are no significant differences in the pressure uniformity coefficient (CUp) with high working pressures for irrigation belts (Ro-Drip, Netafim and Aqua Traxx) with 93.01%, 93.60% and 94.28%, respectively. With low working pressures, there are no significant differences in the pressure uniformity coefficient (CUp) for irrigation belts (Ro-Drip, Netafim and Aqua Traxx) with 93.19%, 94.07% and 94.88%, respectively

Key Words: Coefficient of Uniformity, RO-DRIP, NETAFIM, AQUA TRAXX

ÍNDICE

	Pág.
TÍTULO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xxii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xxiii
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	xxiv
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2. HIPÓTESIS.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. RIEGO POR GOTEO.....	3
2.1.1. EL SISTEMA.....	3
2.1.2. EL BULBO DE HUMEDECIMIENTO.....	3
2.1.2.1. Suelo.....	4
2.1.2.2. Descarga del gotero.....	4
2.1.2.3. La duración del riego.....	4
2.1.2.4. La frecuencia del riego.....	4
2.1.3. EL SISTEMA RADICULAR.....	5
2.1.3.1. El suelo.....	5
2.1.3.2. La planta.....	5
2.1.3.3. El anclaje.....	5
2.1.4. ZONAS DE SALINIZACIÓN.....	5

2.1.4.1. La zona saturada	5
2.1.4.2. La zona en equilibrio	6
2.1.4.3. La zona seca	6
2.1.5. VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO	6
2.1.5.1. Sistemas fijos.....	6
2.1.5.2. Distribución exacta de agua.....	6
2.1.5.3. Adaptación a condiciones de viento	7
2.1.5.4. Explotación de suelos problemáticos	7
2.1.5.5. Nutrición de plantas.....	7
2.1.5.6. Lotes irregulares	8
2.1.5.7. Cultivos altos	8
2.1.5.8. Problemas Fito patológicos	8
2.1.5.9. Acceso de maquinaria y transporte.....	8
2.1.5.10. Esguerrimiento superficial.....	8
2.1.5.11. Cosecha selectiva.....	9
2.1.5.12. Uso de aguas negras o servidas	9
2.1.5.13. Uso de aguas salinas	9
2.1.6. LIMITACIONES DEL RIEGO POR GOTEO.....	10
2.1.6.1. Inversión inicial	10
2.1.6.2. Problema logístico.....	10
2.1.6.3. La fauna	10
2.1.6.4. Germinación de semillas	10
2.1.6.5. Protección contra calor y frío	10
2.1.6.6. Protección contra la erosión por el viento	10
2.1.6.7. Riego de saturación (“machaco”).....	11
2.1.6.8. Riego suplementario.....	11
2.1.6.9. Anclaje de plantas.....	11
2.1.6.10. El control visual.....	11
2.1.6.11. Lavado de suelos	11
2.1.7. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	12
2.1.7.1. Fuente de agua.....	12
2.1.7.2. Estación de bombeo.....	12
2.1.7.3. “Cabezal” de riego o Centro de Control.....	13
2.1.8. LOS GOTEROS	23

2.1.8.1. Diseño del conducto de agua.....	23
2.1.8.2. Goteros con propiedades especiales	25
2.1.9. TUBERÍAS EMPLEADAS EN EL RIEGO POR GOTEO	25
2.1.9.1. Los materiales plásticos.....	25
2.1.9.2. Tuberías de Polietileno (P.E).....	26
2.1.9.3. Tuberías de PVC.....	28
2.1.9.4. Mangueras Lay – Flat	29
2.1.9.5. Tuberías en fibra de vidrio (fiberglass)	29
2.1.10. TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO	30
2.2. UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA	32
2.2.1. EFICIENCIA DE RIEGO.....	32
2.2.1.1. Distintos tipos de Eficiencia.....	32
2.2.1.2. Eficiencia de riego por goteo	33
2.2.2. UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN	33
2.2.2.1. Variación de Fábrica.....	35
2.2.2.2. Variación de la descarga.....	36
2.2.2.3. Uniformidad de descarga.....	37
2.3. CINTAS DE RIEGO	38
2.3.1 CINTA DE RIEGO RO-DRIP.....	38
2.3.2. CINTA DE RIEGO NETAFIM.....	40
2.3.3. CINTA DE RIEGO AQUA – TRAXX	41
2.4. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS	42
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	44
3.2. FECHA DE INICIO Y TÉRMINO.....	44
3.3. CLIMATOLOGÍA	45
3.4. RECURSO AGUA.....	45
3.5. RECURSO SUELO	45
3.6. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.6.1. MATERIALES	45
3.6.1.1. Materiales y equipos.....	45
3.6.1.2. Materiales de escritorio	46

3.6.2. METODOLOGÍA.....	47
3.6.2.1. Preparación del campo experimental.....	47
3.6.2.2. Centro de Control o “Cabezal”	47
3.6.2.3. Reservorio.....	47
3.6.2.4. Marcado del campo experimental	47
3.6.2.5. Cálculo del Coeficiente de Uniformidad.....	47
3.6.3. EVALUACIONES	48
3.6.3.1. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDAL.....	48
3.6.3.2. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESION.....	49
3.7. COMPONENTES DE ESTUDIO.....	51
3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	52
3.9. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	53
3.10. CROQUIS EXPERIMENTAL.....	54
CAPITULO IV	
RESULTADOS	56
4.1. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES (CUC) A PRESIÓN ALTA.....	56
4.1.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión 0.55 bar) (Presión alta).....	56
4.1.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión alta) (0.80 bar)	59
4.1.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión: 0.70 bar) (Presión alta)...	62
4.2. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES (CUC) A BAJA PRESIÓN (bar).	68
4.2.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión 0.30 bar) (Presión baja)	68
4.2.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión 0.65 bar) (Presión baja)	71
4.2.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión: 0.55 bar) (Presión baja)	74
4.3. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES (CUP) A PRESION ALTA DE TRABAJO	80
4.3.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión: 0.55 bar) (Presión alta)	80
4.3.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión 0.80 bar) (Presión alta).....	83
4.3.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión 0.70 bar) (Presión alta)....	86
4.4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIÓN (CUP) A PRESIÓN BAJA DE TRABAJO	92
4.4.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión 0.30 bar) (Presión baja).....	92

4.3.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión baja) (0.65 bar)	95
4.3.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión: 0.55 bar) (Presión baja)	98
CAPITULO V DISCUSIÓN	104
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES	109
CAPÍTULO VII RECOMENDACIONES	110
CAPÍTULO VIII BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	115
ANEXO 01. Registros meteorológicos de la Estación Huasacache 2017.	115
ANEXO 02. Análisis del suelo y caracterización. Fundo “La Banda”. Huasacache 2017.	116
ANEXO 03. Análisis de agua. Fundo “La Banda”. Huasacache. 2017	117
ANEXO 04. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en Cintas de Riego funcionando a Presión Alta (%)	118
ANEXO 05. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en Cintas de Riego funcionando a Presión Baja (%).....	119
ANEXO 06. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en Cintas de Riego funcionando a Presión Alta (%).....	120
ANEXO 07. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en Cintas de Riego funcionando a Presión Baja (%).....	121
ANEXO 08. Especificaciones Cinta de riego Ro drip.....	122
ANEXO 09. Especificaciones Cinta de riego Netafim.....	123
ANEXO 10. Especificaciones Cinta de riego Aqua traxx.....	124

LISTA DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 01. Características de las Tuberías de Polietileno (PE).	26
CUADRO 02. Aplicaciones de las Tuberías de Polietileno (PE)	27
CUADRO 03. Características de las tuberías de Polietileno (PE) de baja densidad.	28
CUADRO 04. Aplicaciones de las tuberías de Cloruro de polivinilo.	29
CUADRO 05. Categorías de Uniformidad de distribución.	34
CUADRO 06. Clasificación de los goteros en base al Coeficiente de Fábrica.	36
CUADRO 07. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.	56
CUADRO 08. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.	57
CUADRO 09. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.	58
CUADRO 10. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia	59

(RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

- | | | |
|-------------------|---|----|
| CUADRO 11. | Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 60 |
| CUADRO 12. | Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 61 |
| CUADRO 13. | Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 62 |
| CUADRO 14. | Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 63 |
| CUADRO 15. | Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 64 |
| CUADRO 16. | Análisis de Varianza (ANVA) para la Descarga de los emisores en las tres cintas (Presión alta) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta | 66 |

Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

- | | | |
|-------------------|--|----|
| CUADRO 17. | Prueba de Tukey para la Descarga de los emisores en las tres cintas (Presión alta) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 67 |
| CUADRO 18. | Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 68 |
| CUADRO 19. | Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 69 |
| CUADRO 20. | Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 70 |
| CUADRO 21. | Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 71 |
| CUADRO 22. | Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia | 72 |

(RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

- | | | |
|-------------------|--|----|
| CUADRO 23. | Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 73 |
| CUADRO 24. | Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 74 |
| CUADRO 25. | Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 75 |
| CUADRO 26. | Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 76 |
| CUADRO 27. | Análisis de Varianza (ANVA) para la Descarga de los emisores en las tres cintas (Presión baja) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 78 |
| CUADRO 28. | Prueba de Tukey para la Descarga de los emisores en las tres cintas (Presión baja) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia | 79 |

(RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda”
(Huasacache). Hunter. Arequipa.

- | | | |
|-------------------|---|----|
| CUADRO 29. | Presión de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 80 |
| CUADRO 30. | Presión de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 81 |
| CUADRO 31. | Presión de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 82 |
| CUADRO 32. | Presión de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 83 |
| CUADRO 33. | Presión de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 84 |
| CUADRO 34. | Presión de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia | 85 |

(RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

- | | | |
|-------------------|---|----|
| CUADRO 35. | Presión de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 86 |
| CUADRO 36. | Presión de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 87 |
| CUADRO 37. | Presión de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 88 |
| CUADRO 38. | Análisis de Varianza (ANVA) para la Presión de los emisores en las tres cintas (Presión alta) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 90 |
| CUADRO 39. | Prueba de Tukey para la Descarga de los emisores en las tres cintas (Presión alta) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 91 |
| CUADRO 40. | Presión de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia | 92 |

(RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda”
(Huasacache). Hunter. Arequipa.

- | | | |
|-------------------|---|----|
| CUADRO 41. | Presión de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 93 |
| CUADRO 42. | Presión de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 94 |
| CUADRO 43. | Presión de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 95 |
| CUADRO 44. | Presión de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 96 |
| CUADRO 45. | Presión de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 97 |
| CUADRO 46. | Presión de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta | 98 |

Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

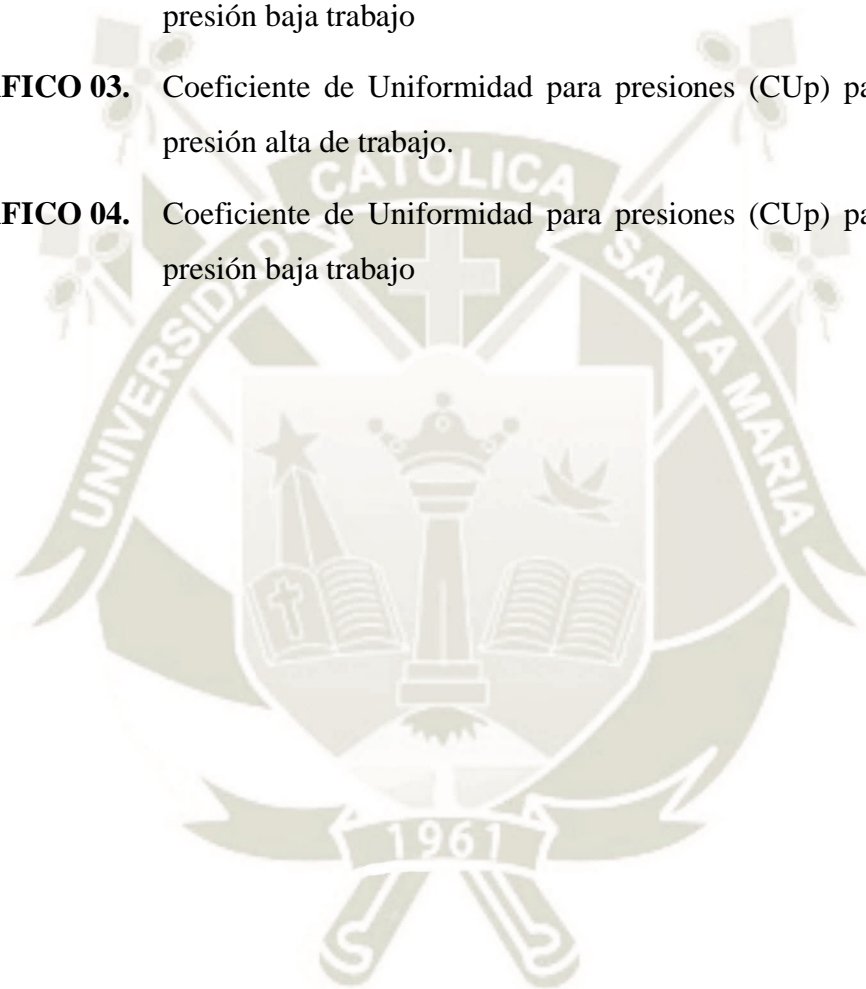
- | | | |
|-------------------|---|-----|
| CUADRO 47. | Presión de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 99 |
| CUADRO 48. | Presión de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 100 |
| CUADRO 49. | Análisis de Varianza (ANVA) para la Presión de los emisores en las tres cintas (Presión baja) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 102 |
| CUADRO 50. | Prueba de Tukey para la Presión de los emisores en las tres cintas (Presión baja) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa. | 103 |

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 01. Registros Meteorológicos de la Estación Huasacache. SENAMHI 2017.	115
ANEXO 02. Análisis de suelo y caracterización. Fundo “La Banda”. Huasacache. 2017.	116
ANEXO 03. Análisis de agua. Fundo “La Banda”. Huasacache. 2017.	117
ANEXO 04. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de caudales (CUc) en cintas de riego funcionando a presión alta.	118
ANEXO 05. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de caudales (CUc) en cintas de riego funcionando a presión baja.	119
ANEXO 06. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de presiones (CUp) en cintas de riego funcionando a presión alta.	120
ANEXO 07. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de presiones (CUp) en cintas de riego funcionando a presión baja.	121
ANEXO 08. Especificaciones de Cinta de riego Ro drip	122
ANEXO 09. Especificaciones de Cinta de riego Netafim	123
ANEXO 10. Especificaciones de Cinta de riego Aqua Traxx	124

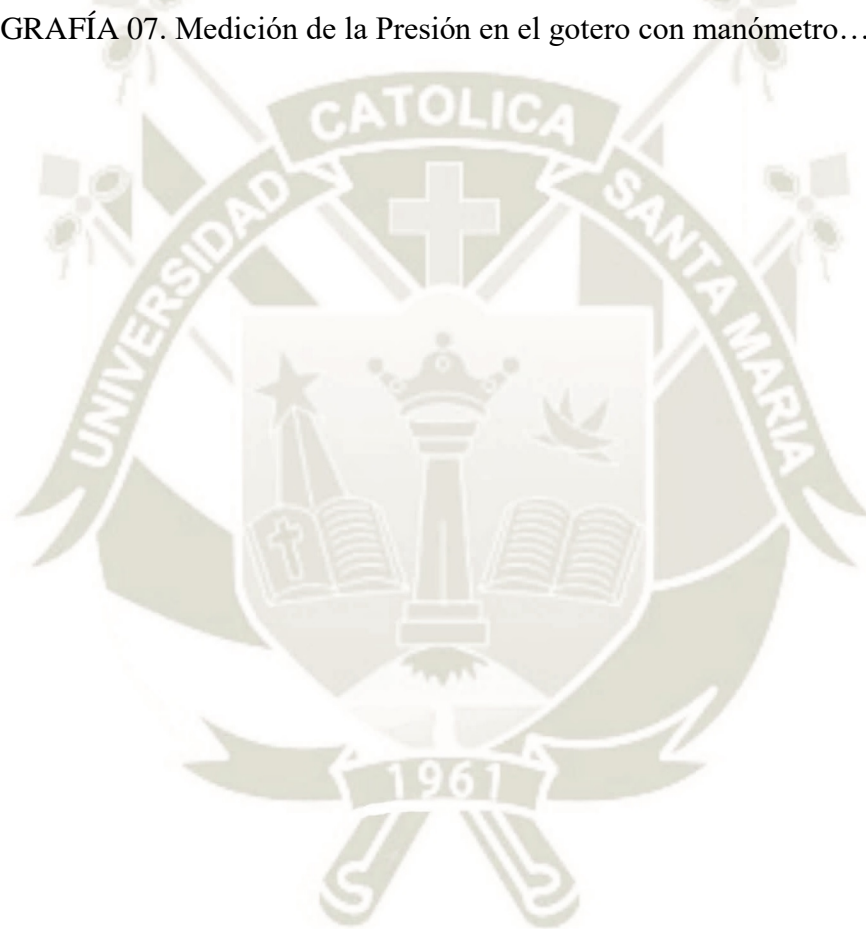
LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
GRAFICO 01. Coeficiente de Uniformidad para caudales (CUc) para presión alta de trabajo.	67
GRAFICO 02. Coeficiente de Uniformidad para caudales (CUc) para presión baja trabajo	79
GRAFICO 03. Coeficiente de Uniformidad para presiones (CUp) para presión alta de trabajo.	91
GRAFICO 04. Coeficiente de Uniformidad para presiones (CUp) para presión baja trabajo	103



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
FOTOGRAFÍA 01. Cintas de riego RO-DRIP.....	39
FOTOGRAFÍA 02. Cintas de riego NETAFIM.....	40
FOTOGRAFÍA 03. Cintas de riego AQUA TRAXX.....	41
FOTOGRAFÍA 04. Fundo “La Banda”. Huasacache Hunter.....	44
FOTOGRAFÍA 05. Campo experimental con cintas de riego por goteo.....	46
FOTOGRAFÍA 06. Medición de caudal del gotero con probeta.....	48
FOTOGRAFÍA 07. Medición de la Presión en el gotero con manómetro.....	50



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. JUSTIFICACIÓN

Frecuentemente la programación del riego se realiza con el caudal nominal del emisor definida por el fabricante, sin embargo, el caudal puede variar por efectos de la temperatura, presión obturaciones biológicas, físicas o químicas y por fallas en el diseño de los sistemas de riego, por lo que normalmente el caudal real, difiere del caudal nominal.

La desuniformidad en el caudal de los emisores, implicará que eficiencia de riego disminuya, por lo tanto, algunas plantas recibirán menos agua de la que realmente necesitan y otras reciban en exceso, con la consiguiente reducción del rendimiento.

La evaluación de la uniformidad en una instalación de riego por goteo, es una práctica que se realiza en campo, donde se verifica el caudal que descargan algunos goteros y las presiones que tienen las tuberías donde están insertados; Esto se realiza bajo procedimientos metodológicos, el cual permite calcular dos indicadores: El “Coeficiente de Uniformidad de Caudal” y el “Coeficiente de Uniformidad de Presión, correspondiente a la sub unidad evaluada.

Por esto es importante realizar una revisión periódica al sistema, midiendo el volumen de descarga de los emisores, con lo cual podemos determinar si el sistema de riego presurizado, se encuentra funcionando de manera adecuada, lo que se verifica determinando el Coeficiente de Uniformidad de Caudales y el Coeficiente de uniformidad de Presiones, lo que justifica la realización del presente trabajo de investigación.

1.2. HIPÓTESIS

Dado que el Coeficiente de Uniformidad de Caudales y de Presiones, depende de varios factores, es de esperar que las cintas de riego que se evaluarán tengan un CUC (Coeficiente de Uniformidad de caudal) y un Cup (Coeficiente de Uniformidad de presión), por encima del 90%, que se cataloga como una Uniformidad Excelente.

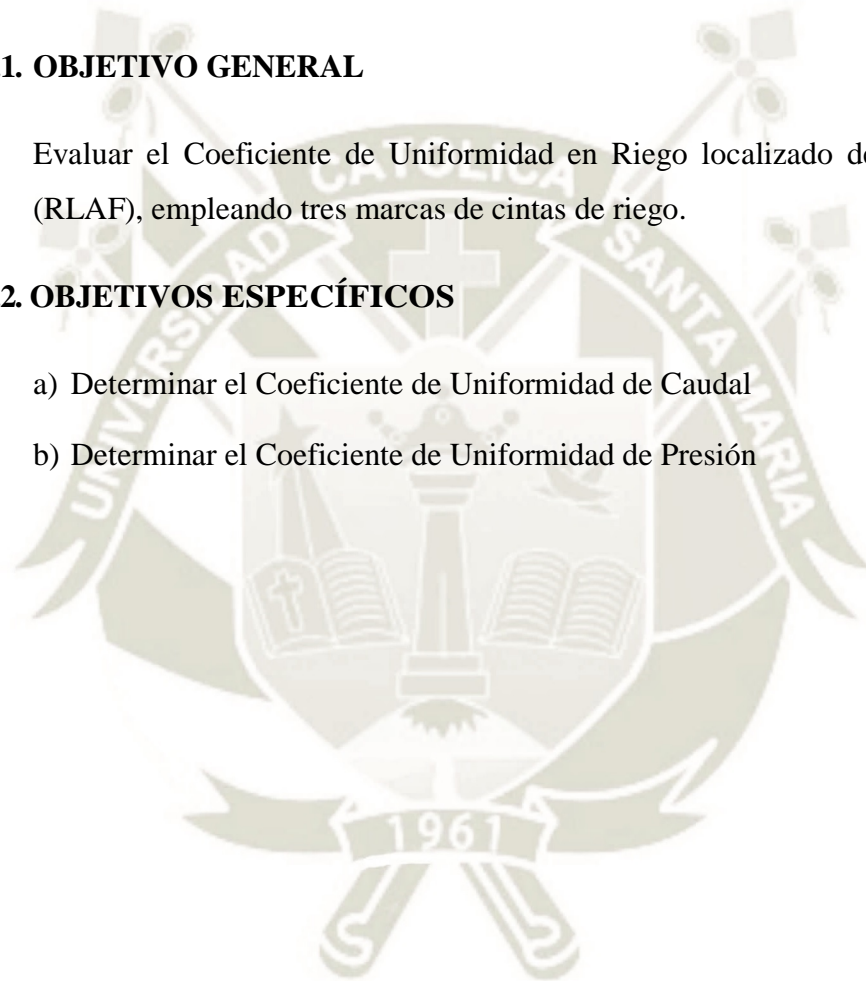
1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el Coeficiente de Uniformidad en Riego localizado de alta frecuencia (RLAF), empleando tres marcas de cintas de riego.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar el Coeficiente de Uniformidad de Caudal
- b) Determinar el Coeficiente de Uniformidad de Presión



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. RIEGO POR GOTEO

2.1.1. EL SISTEMA

Se puede definir el sistema de riego por goteo como un sistema de humedecimiento limitado del suelo, en el cual se aplica el agua únicamente a una parte del volumen del suelo ocupado por el cultivo. El volumen húmedo acomoda el sistema radicular de la planta, de modo que, en diferentes suelos, o con goteros de distinta descarga, o variando la distancia entre los goteros, la frecuencia de riego, etc., varía la forma radicular.

El sistema de riego por goteo se basa en una tubería de agua (lateral), en el cual están insertados los goteros. La unidad de riego es el gotero, el cual aplica el agua gota por gota. Alrededor de cada gotero se forma una zona de suelo húmedo, denominado “bulbo” o “cebolla”, por su forma característica.

Dentro de dicho bulbo se forma tres zonas con distinto contenido de agua y aire:

- a) **Zona saturada.** Debajo y alrededor del gotero, zona en la existe un exceso de agua y falta de aire.
- b) **Zona de equilibrio.** En la cual existe una relación óptima entre el agua y el aire.
- c) **Zona seca.** Existe un déficit de humedad y un máximo de aire (Armoni, 1984).

2.1.2. EL BULBO DE HUMEDECIMIENTO

Las características del suelo son las que determinan el movimiento del agua bajo el riego por goteo. Por ello, existe una relación entre la dimensión horizontal (radio de humedecimiento) y la dimensión vertical (profundidad de humedecimiento) en las cuales se distribuye el agua de riego. Ambas dimensiones constituyen los límites del “bulbo” humedecido.

La forma del “bulbo” depende de cuatro factores:

2.1.2.1. Suelo

La dimensión horizontal es favorecida por la atracción capilar del suelo (la cual es responsable por la capacidad de retención de agua). La dimensión vertical está dominada por la fuerza de gravedad (la cual es responsable por la capacidad de drenaje), o sea que en un suelo arenoso se forma un “bulbo” alargado, mientras que en un suelo arcilloso se forma un “bulbo” más ancho.

2.1.2.2. Descarga del gotero

La distribución lateral (horizontal) del agua, depende de la descarga del gotero. Un gotero de 2 l/h produce un bulbo estrecho que uno de 4 o de 8 l/h. Si comparamos un suelo arenoso con otro arcilloso, veremos que en el primero será necesario seleccionar un gotero con mayor descarga y a menos espaciamiento que en el segundo.

2.1.2.3. La duración del riego

Cuanto más se prolonga el riego, más aumenta la dimensión horizontal, hasta un determinado límite. Pasado este límite, se pierde el agua por debajo de la zona radicular, bajando la eficiencia del riego.

2.1.2.4. La frecuencia del riego

A medida que el suelo se seca, aumenta la tensión con la cual el suelo retiene al agua. Tensiones elevadas reducen la velocidad del movimiento del agua en el suelo. Por lo tanto, el riego por goteo en un suelo seco producirá un bulbo estrecho y hace falta regar a alta frecuencia (Armoni, 1984).

2.1.3. EL SISTEMA RADICULAR

2.1.3.1. El suelo

Existe una tendencia natural de las plantas a desarrollar sistemas radiculares superficiales en suelos arcillosos. El riego por goteo agrava esta tendencia. En consecuencia, se acostumbra aumentar la densidad de siembra en cultivos de campo.

2.1.3.2. La planta

En cultivos de campo (maíz), se acostumbra colocar un lateral entre cada par de hileras. Por lo tanto, el suministro de agua proviene de un solo lado de las plantas y el sistema radicular no solo es limitado, sino, además, asimétrico. Las plantas son perfectamente capaces de adaptarse a esta situación siempre y cuando se sobrepongan al periodo de germinación y del establecimiento cuando las raíces ocupan un volumen muy reducido del suelo (Armoni, 1984).

2.1.3.3. El anclaje

La extensión restringida y superficial de las raíces conduce a la falta de anclaje y de equilibrio en algunos cultivos como el maíz, frutales, etc. La falta de equilibrio depende de la altura de la planta y el peso de los frutos. El resultado es el acame o vuelco de las plantas. Existen medidas de prevención para dominar el problema: riego inicial por aspersion, la formación por poda y los cordones (Armoni, 1984).

2.1.4. ZONAS DE SALINIZACIÓN

La concentración de las sales es diferente en cada una de las tres zonas del “bulbo”.

2.1.4.1. La zona saturada

Durante el goteo, esta zona se encuentra en estado de saturación continua y, simultáneamente, hay un movimiento de agua hacia la segunda zona, el cual lleva consigo las sales disueltas.

2.1.4.2. La zona en equilibrio

Esta zona contiene agua a nivel de “Capacidad de Campo”, con movimiento hacia la tercera zona. Existe un equilibrio entre agua y aire y es la zona más importante para el crecimiento de las raíces. Las sales son lavadas hacia afuera. La zona termina en el perímetro mojado del bulbo (Armoni, 1984).

2.1.4.3. La zona seca

Aquí se detiene el movimiento del agua. Las sales lavadas de las dos zonas anteriores se concentran aquí. La división entre una zona libre de sales y una zona salina produce una situación particular, la cual se debe conocer y obliga a tomar las medidas correspondientes (Armoni, 1984).

2.1.5. VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

2.1.5.1. Sistemas fijos

El goteo se practica esencialmente con equipos fijos, lo cual garantiza un dominio perfecto sobre el cronograma de riego y una economía de mano de obra. La permanencia del equipo depende del cultivo:

- Cultivos perennes

Equipo fijo durante toda la vida de la plantación.

- Cultivos anuales

Permanencia del equipo durante la temporada y retiro del equipo antes o después de la cosecha (Armoni, 1984).

2.1.5.2. Distribución exacta de agua

El riego por goteo emplea una cantidad enorme de emisores por ha, suministrando agua a cada punto del campo. Cada gotero trabaja dentro de una tolerancia máxima de más/menos 8%, lo cual asegura una distribución uniforme del agua. Un factor adicional en la eficiencia del sistema son las tuberías herméticas. No existe ninguna merma en los

accesorios, casi no ocurre desconexiones de tuberías y no se presentan fluctuaciones de presión que influyan sobre la uniformidad de la aplicación (Gobierno Regional de Arequipa, 2005).

Flexibilidad de aplicación

Es posible:

- Variar el intervalo de riego
- Variar la duración del riego
- Variar la presión de trabajo
- Aumentar el número de goteros sobre el lateral
- Fijar los intervalos de riego y variar la lámina aplicada de acuerdo con el déficit diario (o viceversa, fijar la lámina y variar el intervalo), (Armoni, 1984).

2.1.5.3. Adaptación a condiciones de viento

Una de las ventajas más pronunciadas del riego por goteo, estriba en su indiferencia a la intensidad del viento. La posibilidad de regar durante las horas con más viento, ha revolucionado la planificación del riego en las zonas donde se regaba únicamente por aspersión (Armoni, 1984).

2.1.5.4. Explotación de suelos problemáticos

El hecho que el goteo humedece únicamente un volumen limitado del suelo y su capacidad de lavar las sales hacia la periferia del “bulbo”, han causado una revolución en la explotación de los suelos poco profundos, pedregosos, calcáreos y salinos. El resultado ha sido la incorporación de suelos marginales a la producción agrícola y, más que esto, se han obtenido rendimientos sumamente rentables (Gobierno Regional de Arequipa, 2005).

2.1.5.5. Nutrición de plantas

La aplicación frecuente de fertilizantes con el agua de riego crea condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. La dosificación coordinada de ambos elementos se manifiesta en rendimientos elevados, demostrando el potencial del cultivo (Armoni, 1984).

2.1.5.6. Lotes irregulares

El problema de campos asimétricos es generalmente reconocido y representa un problema para cualquier sistema de riego, sea por gravedad o por aspersión. La solución práctica para este tipo de parcelas es instalar un sistema de riego por goteo, donde cada lateral de goteo es de la longitud del surco (Gobierno Regional de Arequipa, 2005).

2.1.5.7. Cultivos altos

La dificultad de regar cultivos altos, como el maíz, se manifiesta en dos aspectos:

- El esfuerzo físico para el traslado de equipos portátiles en aspersión.
- La falta de control sobre la aplicación del riego por gravedad a causa de la densidad del cultivo (Armoni, 1984).

2.1.5.8. Problemas Fito patológicos

El hecho de que la lluvia y el riego por aspersión humedecen el follaje, ha presentado un gran problema para algunos cultivos. Una solución sería adoptar el riego gravitacional. Pero con goteo existe la posibilidad de aplicar fumigantes y fertilizantes con el agua de riego, algo que es muy difícil con el riego por gravedad (Gobierno Regional de Arequipa, 2005).

2.1.5.9. Acceso de maquinaria y transporte

El hecho de que el goteo no causa escurrimiento o drenaje, facilita mucho el mantenimiento de los caminos. Una gran parte de la superficie se mantiene seca y permite el paso de maquinaria agrícola durante o inmediatamente después del riego.

2.1.5.10. Escurrimiento superficial

En goteo es muy difícil que exista escurrimiento superficial y es una solución ideal para suelos de baja infiltración, ondulados, salinos, etc.

2.1.5.11. Cosecha selectiva

La aplicación de agua y fertilizantes (fertirrigación) a intervalos cortos durante la maduración de la cosecha, aumenta el peso y el tamaño de los frutos, cosechando selectivamente los frutos grandes y se estimula el desarrollo de los demás.

2.1.5.12. Uso de aguas negras o servidas

La contaminación de frutos es un obstáculo para el empleo de dichas aguas en riego por aspersión y en riego superficial. El riego por goteo ha facilitado la explotación de aguas servidas, evitando el riesgo de contaminación a la parte vegetativa de la planta (Armoni, 1984).

2.1.5.13. Uso de aguas salinas

El uso de aguas salinas tiene efectos negativos sobre el follaje, sobre todo cuando éste se seca al sol. El riego por aspersión limita el uso de estas aguas, mientras que el riego por gravedad y por goteo lo facilitan. Sin embargo, el riego por goteo tiene una ventaja adicional sobre el riego por gravedad, dada su capacidad de crear una zona húmeda sin sales alrededor de la planta (Gobierno Regional de Arequipa, 2005).

2.1.6. LIMITACIONES DEL RIEGO POR GOTEO

2.1.6.1. Inversión inicial

Es sumamente alta y requiere un análisis económico del cultivo (Armoni, 1984).

2.1.6.2. Problema logístico

A la inversión en los laterales de goteo (5 000 m/ha en cultivos de campo, 10 000 m/ha en hortalizas, 20 000 m/ha en fresas y flores), hay que agregar las tuberías de distribución, los filtros, válvulas, etc (Armoni, 1984).

2.1.6.3. La fauna

El problema de daños causado por animales, roedores etc., es considerable. Aparentemente los animales buscan el agua y el material plástico de las tuberías, les facilita obtenerlos. A veces, es suficiente reparar el daño, otras el daño es extensivo y fuera del dominio del agricultor (Armoni, 1984).

2.1.6.4. Germinación de semillas

La necesidad de mojar uniformemente la superficie del suelo para hacer germinar el cultivo es una tarea insuperable para los emisores de goteo. La única posibilidad sería crear una densidad excesiva de goteros, la cual no es necesaria para el riego del cultivo y, por lo tanto, antieconómico (Armoni, 1984).

2.1.6.5. Protección contra calor y frío

Contrariamente a la aspersión, la aplicación del agua por goteo no es aérea y, en consecuencia, no influye sobre el microclima (Armoni, 1984).

2.1.6.6. Protección contra la erosión por el viento

Es un problema para los suelos totalmente arenosos. La única protección es mojar toda la superficie del suelo, lo cual está fuera de la capacidad del goteo (Armoni, 1984).

2.1.6.7. Riego de saturación (“machaco”)

Este es el riego de pre-siembra, para asegurar una humedad suficiente en el perfil del suelo. Equipos fijos no son adecuados para este tipo de aplicación (Armoni, 1984).

2.1.6.8. Riego suplementario

Este es un riego de post - siembra (suplementario), cuando no hay suficientes lluvias en ciertas zonas, durante la temporada. El riego por goteo no puede cumplir esta función (Armoni, 1984).

2.1.6.9. Anclaje de plantas

Para muchos cultivos, la red radicular cumple también la función de mantener el equilibrio de la planta. El problema se ve agravado en plantas altas con frutos en la parte alta. La restricción intencional del volumen húmedo y de la zona radicular puede crear un problema de equilibrio para las plantas (Armoni, 1984).

2.1.6.10. El control visual

Es uno de los problemas sin solución del goteo. El éxito o el daño se notan por el comportamiento de la planta y, por lo general, demasiado tarde. Tres factores impiden el control visual y práctico:

- a) **La densidad del follaje**, que oculta el gotero de la vista
- b) **La ausencia de chorros o corrientes**, que permitan observar la descarga.
- c) **El número de goteros por ha**, convierte la cantidad en calidad. No existe ningún método para dominar o reemplazar 5 000 goteros/ha (Armoni, 1984).

2.1.6.11. Lavado de suelos

El lavado de los suelos para eliminar las sales requiere un movimiento uniforme del agua hacia abajo. El goteo no puede cumplir con esa

exigencia y la aspersión y el gravitacional son los métodos de preferencia (Armoni, 1984).

2.1.7. COMPONENTES DEL SISTEMA

Una instalación típica de riego por goteo tiene los siguientes componentes:

2.1.7.1. Fuente de agua

El recurso hídrico que puede ser superficial o subterráneo. El agua se almacena en estructuras acondicionadas para tal fin. (vasos reguladores que pueden ser de concreto o en reservorios de tierra, que son impermeabilizados con una membrana plástica).

En zonas donde se asigna la dotación de agua cada 4, 5 ó 6 días y con tiempos de riego establecidos, se recomienda calcular las estructuras de almacenamiento en base al volumen total entregado, ya que el riego por goteo recomienda aplicaciones de agua en forma diaria (Ministerio de Agricultura, 2008).

2.1.7.2. Estación de bombeo

Impulsa el caudal necesario para el sistema y genera la presión según requerimiento de operación.

En la estación de bombeo se utilizan bombas, que pueden funcionar con electricidad o con motores de combustión interna.

En zonas donde la fuente de agua se encuentra a una altura insuficiente para generar la presión potencial necesaria para el sistema, hay que utilizar una fuente impulsora, la que debe otorgar presión y caudal de agua suficiente al sistema.

El equipo de bombeo está compuesto por:

- Tubería de aspiración o succión
- Bomba

- Motor
- Tubería de impulsión

En cuanto a los caudales y presiones proporcionadas por las bombas, éstas vienen especificadas en catálogos editados por los fabricantes, donde se relaciona el caudal con la presión y la potencia requerida para diferentes diámetros del impulsor y distintos niveles de eficiencia de funcionamiento del grupo motobomba (PSI, 2003).

2.1.7.3. “Cabezal” de riego o Centro de Control

Comprende un conjunto de dispositivos que sirven para filtrar y medir el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes.

El “cabezal” es el corazón de un equipo de riego por goteo. Está conformado por el sistema de filtración el sistema de fertilización, válvulas de control de flujo, válvulas de aire, manómetros para medir la presión y medidores de volumen de agua (ANA, 2014).

Los componentes básicos son Filtros de Grava, Filtros de Anillos o de Mallas, Inyector de Fertilizantes y Accesorios (Medidor de Agua, Manómetros, Válvulas, etc (Ministerio de Agricultura, 2008).

a) Filtrado

El filtrado es de vital importancia para evitar el taponamiento de los emisores o goteros y consiste en retener las partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de grava) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla o anillos).

Los sistemas de filtrado se utilizan para reducir significativamente el contenido de compuestos orgánicos y sólidos en suspensión. Para asegurar una alta confiabilidad del sistema de filtrado, este debe ser diseñado para funcionar bajo las condiciones más adversas. En este sentido debe considerarse que la calidad física del agua varía ampliamente desde una fuente de agua a otra y entre diferentes períodos del año.

En general, en época de avenidas, el agua contiene mayor cantidad de sólidos en suspensión, siendo común observar mayor cantidad de algas.

El tipo y tamaño del filtro apropiado dependerá de los siguientes aspectos:

- Tipo, tamaño y concentración de las partículas en suspensión en el agua.
- La calidad del agua requerida para asegurar el buen funcionamiento de los emisores.
- El caudal de diseño y pérdida de carga nominal del filtro (Ministerio de Agricultura, 2008).

Se muestra la siguiente Tabla de requerimiento de filtración según el origen del agua:

Tipo de filtro	Pozo	Estanque	Canal
Hidrociclón	X		
Grava		X	X
Anillas	X	X*	X*
Malla	X	X	X

Fuente: Gobierno Regional de Arequipa, 2015.

Hay varios tipos de equipos de filtrado en el mercado.

b) Hidrociclón

El hidrociclón es un sistema de filtrado adecuado para la eliminación de las partículas minerales (arena) que se encuentran en el agua circulante. Normalmente se emplean cuando el agua de riego proviene directamente de pozos y lleva arenas en suspensión cuyo tamaño sea superior a 0.1 mm (100 micras) y sean más pesadas que el agua.

Consiste en un recipiente de forma de cono invertido en donde el agua entra tangencialmente por la parte superior, lo que provoca un movimiento de giro descendente en la periferia del recipiente. Las partículas sólidas en suspensión, al ser más pesadas que el agua, se proyectan contra las paredes y descienden hacia un depósito de sedimentos colocado en la parte inferior.

El agua libre de sedimentos es impulsada en movimiento de giro ascendente por la parte central y sale por un tubo situado en la parte superior. Este depósito debe ser limpiado en forma regular para evitar su colmatación. La pérdida de carga que ocasiona este sistema es de 0.3 a 0.5 atmósferas.

El hidrociclón no sirve para eliminar partículas de naturaleza orgánica como bacterias, algas y materia orgánica dispersa ya que presentan una densidad específica menor a los sólidos en suspensión. En el hidrociclón, la pérdida de carga se mantiene constante en el tiempo, independientemente del grado de suciedad y es función del caudal y de las dimensiones del dispositivo (Ministerio de Agricultura, 2008).

c) Filtros de grava

Realizan la filtración primaria y se utilizan cuando se dispone de aguas con altos niveles de partículas orgánicas e inorgánicas, ya que tienen la particularidad de atrapar y retener niveles importantes de contaminantes sin aumentar significativamente la pérdida de carga, debido a que el cuerpo filtrante (masa de grava) trabaja en superficie y profundidad.

Consiste en un depósito de metal o de fibra de vidrio, de forma cilíndrica, en cuyo interior pasa de agua a través de una capa filtrante que generalmente es de cuarzo. El agua entra por la parte superior del depósito y se recoge en la parte inferior a través de unos colectores o toberas que desembocan en la tubería de salida. El depósito lleva una boca de carga de grava en la parte superior y otra de descarga en la parte inferior.

La eficacia del filtrado depende del tamaño de cuarzo, que a su vez determina el tamaño de los poros entre las partículas. Se utilizan tres tamaños o granulometrías de arena: arena fina, (0.4 y 0.8 mm.); arena media, (0.8 y 1.5 mm.); y arena gruesa, (1.5 y 3 mm.).

Como norma general se debe utilizar una arena uniforme con un tamaño igual al diámetro de paso de agua del gotero. El espesor de la capa de arena, será como mínimo de 45 cm., o en término promedio este espesor debe ser las $\frac{3}{4}$ partes de la altura útil del tanque.

La pérdida de carga al pasar el agua por ellos es de 0.1 a 0.3 atmósferas cuando están limpios. En este tipo de filtración, generalmente se usan dos o más tanques conectados en paralelo con una entrada y salida de agua común. En el modo “filtración” todos los estanques trabajan en paralelo. El agua ingresa al estanque por arriba, pasa a través de la grava que actúa como medio filtrante y es colectada agua limpia en el fondo.

La capacidad de flujo de un filtro de grava está determinada por el diámetro y la tasa de filtrado. Diámetros inferiores a lo técnicamente recomendado pueden producir los siguientes problemas:

- Aumento de la pérdida de carga nominal del filtro a niveles superior del máximo permitido.
- Necesidad de limpieza frecuente de los filtros. Estos se saturan más rápido.
- La calidad del filtrado no es buena ya que no se logra retener todas las partículas.

Un diámetro mayor que el sugerido implica una disminución de la tasa de filtración (menos agua pasa por unidad de área de filtro), esto reduce la pérdida de carga nominal, disminuye la frecuencia de limpieza y aumenta el costo de implementación del sistema de filtros (se requiere instalar filtros más grandes). En aquellos sistemas donde la fuente de presión es gravitacional y la presión disponible para el filtrado es una

limitante, se recomienda sobredimensionar utilizando tasa de filtrado menores a las recomendadas (Ministerio de Agricultura, 2008).

d) Filtros de malla

Los filtros de malla están formados por un cuerpo metálico cilíndrico que contiene en su interior un soporte perforado recubierto con una malla de orificios de tamaño variable. El soporte puede ser metálico o de plástico y la malla suele ser de acero inoxidable o también de nylon, reteniéndose las impurezas en la superficie de éstas. El tamaño del orificio de paso de agua por la malla ha de ser 1/7 del tamaño del orificio del emisor o gotero. De esta forma, el filtro retendrá la mayor parte de las partículas que podrían obstruir el emisor. El filtro de malla se colmata con rapidez, por lo que no resulta indicado para aguas con gran cantidad de partículas. La pérdida de carga en los filtros de malla es de 0.1 a 0.3 atmósferas cuando están limpios; Se colmatan con rapidez, por cuya razón se utilizan para retener partículas inorgánicas de aguas que no estén muy sucias. El tamaño de los orificios de la malla se mide por el número de mesh, definido como el número de orificios por pulgada lineal. Las mallas se clasifican por el tamaño de la abertura, asociada al número de malla (Ministerio de Agricultura, 2008).

En la siguiente Tabla se muestra la relación entre Número de Mesh y Tamaño de Orificios.

Mesh	Micron
50	297
75	200
80	172
100	149
120	130
150	100
200	75
400	37

Fuente: Gobierno Regional de Arequipa, 2015.

Filtro de anillos

Los filtros de anillos son discos de plástico, polietileno de alta resistencia u otro material sintético resistente a la corrosión; muy similares en funcionamiento de los de malla. Estos sistemas de filtrado son de forma cilíndrica y contiene un soporte cilíndrico central y perforado sobre el que se colocan anillas con ranuras impresas. En sistemas de inyección de fertilizantes, es preferible utilizar filtros de anillos debido a su mayor capacidad para retener impurezas y menor riesgo de rotura de la malla.

El agua se filtra al pasar por los pequeños conductos formados entre dos anillos consecutivos. El filtro de anillos puede retener, igual que el de malla, una gran cantidad de partículas. Estos filtros tienen un efecto de filtrado tanto en superficie como en profundidad al igual como sucede con los filtros de grava. La profundidad está dada por el radio de los discos. La pérdida de carga que genera este sistema oscila entre 0,1 y 0,3.

La ventaja de este sistema de filtros en relación a los filtros de malla es que es de fácil mantenimiento. Mantener en buenas condiciones de funcionamiento un sistema de anillos requiere menos trabajo que otros elementos de filtrado. Su construcción es en base a materiales sintéticos que sufren muy poco deterioro en el tiempo.

Cuando la calidad del agua provoca que la limpieza se efectúe más de dos veces por día, es necesario automatizar el proceso. Existen dos formas básicas de procedimiento:

- Por tiempo. Se estima que los filtros deben ser lavados cada terminado número de horas y para ello se utiliza un programador de riego y válvulas eléctricas para la operación.
- Por diferencia de presión. Hay sensores de presión instalados a la entrada y salida del filtro. Cuando la diferencia de presión alcanza el valor máximo permitido, el sistema de retrolavado se activa.

El tiempo que transcurre entre dos ciclos de retrolavado para un sistema de filtros en particular depende la calidad de agua. Existen catálogos de los filtros donde se indica información importante acerca de caudal máximo de diseño, curva de pérdida de carga, dimensiones, tamaño equivalente (mesh), etc. (Ministerio de Agricultura, 2008).

e) Otros componentes del filtrado

En una instalación de riego presurizado hay otros componentes que trabajan como trampas de basuras la cual se hace más crítica en épocas de avenidas y en zonas donde no se cuenta con un vaso regulador. Estos elementos colaboran en el pretratamiento del agua y son generalmente filtros de malla con aberturas de mayor diámetro y se les conoce como “filtros basurero”. Un pretratamiento efectivo ayuda a que los filtros no se saturen rápidamente y así permitir un tiempo de operación por mayor tiempo (Ministerio de Agricultura, 2008).

f) Sistema de fertilización

La unidad de fertilización permite aplicar los fertilizantes al sistema junto con el agua de riego (fertirrigación). Se realiza con un equipo específico para este fin. Este equipo se localiza normalmente entre los filtros de grava y los filtros de malla o de anillos. El equipo de fertirrigación actúa, desde el punto de vista hidráulico, por diferencia de presión, succión o mediante bombeo (Ministerio de Agricultura, 2008).

Actualmente existen diferentes tipos de inyectoros de fertilizantes, siendo los más utilizados los siguientes:

- Tanque Fertilizador
- Venturi
- Bomba Centrífuga
- Bomba de Inyección de Accionamiento Hidráulico (Ministerio de Agricultura, 2008).

g) Red de distribución

Es la encargada de conducir el agua desde el cabezal de riego hasta el cultivo instalado, está compuesta por una línea principal, una línea secundaria y una línea terciaria.

h) Línea principal

Es una tubería principal que nace a partir del cabezal y sirve para conducir el agua hasta la tubería secundaria. Generalmente son de material de PVC Clase 5 y de diámetro de 110 mm. (4"). Se instalan bajo tierra (AMANCO, 2015).

i) Línea secundaria

Empieza a partir de la tubería principal y sirve para repartir el agua a los diferentes sectores de riego a través de las líneas porta goteros o cintas de riego (DIVALCO, 2015).

Generalmente son de material de PVC Clase 5 y diámetro de 90 mm. (3"), colocándose también bajo tierra (PAVCO, 2008).

j) Líneas terciarias o porta regantes

Se inicia en la tubería secundaria y es donde se conectan las cintas o manguera de riego para distribuir el agua de riego a los diferentes sectores. Generalmente son de material de PVC Clase 5 y diámetro de 63 mm. (2"), colocándose también bajo tierra.

Para conectar la tubería terciaria a la tubería secundaria y poder delimitar y controlar los diferentes sectores de riego, se coloca un arco de riego.

Los materiales de las tuberías usualmente empleadas en la red de distribución de un sistema de riego por goteo son de poli de vinilo (PVC), el cual es un material de alta resistencia a la corrosión, de bajo peso y de baja fricción. Estas tuberías se deben ubicar bajo tierra ya

que son frágiles, y de esta manera se evita que puedan ser dañadas por los rayos ultravioleta del sol.

Estas tuberías se encuentran en el mercado en diferentes diámetros y con diferentes grosores de paredes, características que serán adaptados según el diseño establecido para cada parcela (NICOLL ETERPLAST, 1988).

k) Laterales de riego

Empiezan a partir de la tubería secundaria y corresponden a mangueras o cintas de riego donde se encuentran insertados los goteros que finalmente distribuyen el agua a los cultivos. El material de estas cintas o mangueras de riego es de polietileno (PE), material que tiene buena protección contra los rayos ultravioleta (NAANDANJAIN, Perú 2016).

En el mercado existen diferentes marcas de cintas, con espaciamentos entre goteros que van de 0.10 m hasta 0.60 m, diámetro interno de 12 mm. 16 mm. y 20 mm., y espesor de pared de 0.10 mm. (Cinta 4 MIL) a 0.40 mm (Cinta 16 MIL).

Las presiones de operación, van desde 0.4 atmósferas a 1 atmósfera y los caudales de emisión van desde 0.3 l/h a 4 l/h. En resumen, cada cinta cuenta con su respectiva ficha técnica donde se indica las especificaciones técnicas de operación (PSI, 2003).

En cuanto a los emisores o goteros, existe una gran variedad, dentro de los cuales merecen especial atención los goteros auto compensado. Estos goteros mantienen el caudal de entrega, aunque se aumente la presión con la que se esté operando, siendo su uso adecuado en terrenos con pendiente pronunciada. En esta situación, aguas abajo, la presión aumenta, y por lo tanto, un gotero no compensado comienza a entregar más caudal (PSI, 2003).

l) Dispositivos de control

Existen una serie de accesorios para hacer una buena operación del sistema de riego por goteo que permitan medir la presión y medir y regular el flujo del agua; entre éstos tenemos los siguientes:

m) Manómetros

Son accesorios importantes en todo sistema de riego por goteo pues nos permiten tener conocimiento de las presiones de trabajo en distintas partes de la instalación. Están ubicados en el cabezal de riego y en otros puntos de la instalación de la red de riego (ORBES AGRÍCOLA, 2015).

n) Válvulas

Son elementos que se utilizan en la red para regular la presión, caudal o simplemente el paso del agua. Existen válvulas de diferentes tipos y accionadas de forma manual (válvulas de bola, mariposa y de compuerta), hidráulicas y eléctricas. Dentro de estos elementos es importante mencionar a las válvulas de protección de la red como son las válvulas de aire (SANKING, 2016).

o) Válvulas de aire

Son elementos que permiten la eliminación del aire, acumulado en el interior de la tubería, la admisión de aire cuando la presión interior de la tubería es inferior a la atmósfera y además la eliminación de burbujas de aire que circulan en el agua. Se colocan, generalmente en puntos altos de la red (ORBES AGRÍCOLA, 2015).

2.1.8. LOS GOTEROS

El gotero es el corazón de todo sistema de riego por goteo. Los goteros son pequeños emisores de agua, fabricados en materiales plásticos. El diseño y la producción de goteros de alta calidad es un proceso delicado y complicado. La característica más importante de un gotero es mantener constante una baja descarga. Los goteros se fabrican en el rango de 0. l/h a 8 l/h a la presión nominal. Es posible mantener la descarga deseada aplicando diferentes principios de la hidráulica. La forma y las dimensiones del conducto por donde fluye el agua, conjuntamente con la presión de operación, determinan la descarga de cada gotero (Sneh, 2004; mayim.aqp@gmail.com).

2.1.8.1. Diseño del conducto de agua

El principal objetivo del diseño de un gotero es disipar la presión a fin de poder controlar la descarga y a la vez reducir a un mínimo la posibilidad de su obstrucción, todo ello, en un dispositivo de pequeñas dimensiones y bajo costo (Rázuri, 1988; Rodrigo et, al., 1997; Osorio, 1994.).

- a) Goteros con micro-tubos de trayecto largo
- b) Goteros de tipo laberinto
- c) Goteros de tipo zigzag
- d) Goteros **tipo “orificio”**. El agua fluye a través de un pequeño orificio, disipando la presión. El modelo original no es más que una perforación en la pared de la tubería hecha con rayos láser. Más tarde se comenzaron a fabricar goteros de botón de este tipo, en los cuales el agua entra por la base del botón en la cual se moldean pequeños orificios para filtrar el agua y prevenir su obturación.
- e) Goteros tipo “vórtice”
- f) Cintas **de goteo**. A la vez que se perfeccionaron los modelos de los goteros unitarios, se desarrolló un concepto diferente del riego por goteo, empleando “cintas de goteo” (tape). El primer producto de este tipo fueron cintas perforadas (Sneh, 2004; Sistemas de Riego Ingenieros S.R.L, 2015; mayim.aqp@gmail.com).

Clasificación de los sistemas de riego por goteo

a) Según la conexión del gotero al lateral

Pueden ser:

- Goteros insertados sobre el lateral
- Goteros encajados en el lateral
- Goteros integrados, soldados al interior del lateral
- Cintas de goteo. En las cuales el gotero es parte integral, moldeado en el material de la cinta.

b) Según la disposición de los goteros a lo largo del lateral

Pueden ser:

- Goteros puntuales
- Líneas de goteo. Los goteros se instalan a corta distancia sobre el lateral de forma que se produce el traslape entre los volúmenes mojados por goteros adyacentes. Este arreglo es típico de las “cintas de goteo”, de las “mangueras de exudación” así como de laterales en los cuales la distancia entre los goteros es corta, los cuales presentan la mejor alternativa para los cultivos de temporada sembrados densamente.

c) Según la disposición de los laterales respecto a la superficie del terreno

Pueden ser:

- Riego por goteo con los laterales colocados sobre la superficie del suelo
- Riego por goteo con los laterales suspendidos por encima de la superficie
- Riego por goteo por debajo de la superficie del suelo.

d) Según el tipo de lateral empleado

Pueden ser:

- Laterales de pared gruesa, laterales de pared delgada (Sneh, 2004)

2.1.8.2. Goteros con propiedades especiales

Pueden ser:

- Goteros de descarga variable
- Goteros desmontables
- Goteros “compensados”
- Gotero antidrenante
- Goteros con cubierta flexible
- Goteros de flecha
- Goteros de descarga “ultra baja”
- Goteros con filtros integrados (Sneh, 2004)

2.1.9. TUBERÍAS EMPLEADAS EN EL RIEGO POR GOTEO

Los goteros, las tuberías y mangueras y la mayoría de los accesorios adicionales del sistema se fabrican en materiales plásticos.

2.1.9.1. Los materiales plásticos

Son materias sólidas compuestas de uno o más polímeros, a los que puede darse forma en moldes o por extrusión. Los polímeros, los ingredientes básicos de todos los materiales plásticos, son una amplia gama de materiales de origen natural o sintético. En la terminología profesional se emplea frecuentemente el término “resinas” para designar estos polímeros. Los materiales plásticos se pueden clasificar en dos grandes grupos: los termoplásticos y los termo – estables. Ambas categorías se emplean en la producción de las tuberías (Sneh, 2004).

a) Materiales termo – plásticos

El polietileno (PE), el polipropileno (PP), el polibutileno (PB) y el cloruro de polivinilo (PVC), son materiales termo – plásticos. Estos son materiales sólidos los cuales se derriten (“se funden”) una y otra vez si se los expone a temperatura y a presión adecuadas. Todos los materiales termo – plásticos son moldeables al estado líquido, con lo

que se pueden producir goteros, válvulas, bridas y demás accesorios. Por el otro lado, las tuberías se producen por extrusión (Sneh, 2004).

b) Materiales termo- estables

Son similares a los termos – plásticos hasta el momento en el cual, por medio de una reacción química el “curado”, las cadenas del polímero se ligan y entrecruzan. Las resinas termo estables conservan su forma, son insolubles en la mayoría de los solventes y aún si se aplica calor, no es posible volver a derretirlos ni cambiar su forma (Sneh, 2004)

2.1.9.2. Tuberías de Polietileno (P.E).

La gran mayoría de las tuberías y de los laterales empleados en el riego por goteo se fabrican en polietileno. A la materia prima se agrega un 2% de “negro de humo” para reducir el impacto de la radiación ultravioleta. En el riego se emplean 4 tipos de PE, de acuerdo a la densidad del material (Sneh, 2004). (Cuadro 01).

CUADRO 01 Características de las tuberías de Polietileno (PE)

Tipo	Densidad	Density	Siglas	gr/l
I	Baja	Low	LDPE	De 910 a 925
II	Mediana	Medium	MDPE	De 926 a 940
III	Alta	High	HDP	De 941 – 959
IV	Homo polímero de alto grado	High homo polymer		De 960 en adelante

Fuente: Sneh, 2004

Las tuberías de PE se clasifican además por la presión nominal (PN), es decir, la presión de trabajo que pueden resistir a largo plazo. Las clases de PN empleadas comúnmente en el riego son de 2.5, 4, 6, 10, 12.5 y 16 bar. Algunas cintas de pared delgada son de una PN bien baja (únicamente soportan una presión de 0.5 a 2.0 bar). La tolerancia a la presión de trabajo depende tanto de la densidad del material como del grosor de la tubería.

El diámetro nominal de las tuberías plásticas es su diámetro exterior en mm (Sneh, 2004).

En el Cuadro 02, se muestra el uso de las tuberías de polietileno.

CUADRO 02. Aplicaciones de las tuberías de Polietileno (PE)

Tipo	Diámetro Nominal (DN) mm	Usos	Clase (PN) Bar
LDPE Baja densidad	6	Mando hidráulico	4 – 12
	6 – 10	Conexión del lateral a micro aspersores	4 – 6
	12 – 25	Laterales para goteo de pared delgada	0.5 -2
	12 – 25	Laterales de goteo de pared gruesa	2.5 – 4
	16 – 32	Laterales para mini y micro emisores	4 – 6
HDPE Alta densidad	32 – 75	Laterales de aspersión	4 – 6
	40 – 140	Tubería de conducción y de distribución	4 – 10
	75 -450	Redes de tubería principal	6 -12

Las tuberías plásticas se comercializan de acuerdo a su diámetro nominal (DN). Este es su diámetro exterior, especificado en mm. En los EE. UU y algunos otros países, se lo especifica en pulgadas (1” = 25.4 mm). El grosor de la pared también se define en mm, más en los EE. UU se emplea el “mil”. (1mil = 1/1000 de pulgada = 0.0254 mm) (Cuadro 03).

CUADRO 03. Características de las tuberías de polietileno de baja densidad LDPE.

Diam. Nomi.	Clase-Presión Nominal de trabajo (PN) bar									
	2.5		4		6		8		10	
D.N.	Diam. Interi. (di) Espes. De pared (e) mm									
mm	di	e	di	e	di	e	di	e	di	e
12	9.8	1.1	9.6	1.2	9.2	1.4	8.6	1.7	8.0	2.0
16	13.2	1.4	12.8	1.6	12.4	1.8	11.6	2.2	10.6	2.7
20	17.0	1.5	16.6	1.7	15.4	2.3	14.4	2.8	13.2	3.4
25	21.8	1.6	21.2	1.9	19.4	2.8	18.0	3.5	16.6	4.2
32	28.8	1.6	27.2	2.4	24.8	3.6	23.2	4.4	21.2	5.4
40	36.2	1.9	34.0	3.0	31.0	4.5	29.0	5.5	26.6	6.7
50	45.2	2.4	42.6	3.7	38.8	5.6	36.2	6.9	33.4	8.3

Fuente: Sneh, 2004

2.1.9.3. Tuberías de PVC

El PVC (Cloruro de polivinilo) es un polímero rígido. A fin de ablandar el material y posibilitar su moldeo, se le añade hasta un 50% de materiales “plastificantes”. El - lo cual acorta la vida útil de los productos expuestos a la intemperie. En la agricultura se emplean sobre todo tuberías de PVC rígido para la conducción y la distribución del agua a las parcelas. A fin de protegerlas de la radiación solar se acostumbra enterrarlas por debajo de la superficie del terreno. Los tramos de tubería de PVC se unen empleando un cemento (adhesivo) especial o por un sistema de empalme de espiga y campana con anillo elastomérico (Nicoll Eterplast, 1988).

El empleo de las tuberías de Cloruro de polivinilo (PVC), se muestra en el Cuadro 04.

CUADRO 04. Aplicaciones de las tuberías de Cloruro de polivinilo (PVC)

Tipo de PVC	Diámetro nominal	Aplicaciones	Presión nominal (bar)
PVC blando	6 mm	Mando hidráulico	4 - 8
PVC blando	6 – 10 mm	Conexión del lateral a micro emisores	4 – 6
PVC blando	12-25 mm	Laterales para goteo de pared delgada	0.5 – 2
PVC rígido	½” – 4”	Elevadores	4 – 10
PVC rígido	63 – 1000	Red tuberías de conducción y distribución	4 – 24

Fuente: (Nicoll Eterplast, 1988).

2.1.9.4. Mangueras Lay – Flat

Mangueras flexibles en vinilo, del tipo “Lay-flat” (Similares a las empleadas por los bomberos) se pueden emplear como tuberías de conducción y como porta laterales (múltiples). Estas mangueras vienen recubiertas con un material que las protege de la radiación UV. Las mangueras se hinchan bajo presión. Se comercializan en 75 a 200 mm (Sneh, 2004.).

2.1.9.5. Tuberías en fibra de vidrio (fiberglass)

Son tuberías reforzadas con fibras de vidrio para conducir agua a alta presión, desde la fuente a las parcelas. Estas tuberías sustituyen a las tuberías de acero y de asbesto-cemento (amianto) empleadas anteriormente. Se fabrican en diámetros de DN 300 a 3 600 mm y para presiones de trabajo PN de 40 a 250 m de carga. Son las más indicadas para la conducción de aguas recicladas (Sneh, 2004.).

2.1.10. TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO

Durante la planificación, diseño, operación y mantenimiento de los sistemas presurizados, se emplea la siguiente terminología:

- **Presión.** Es la fuerza que actúa sobre una superficie determinada. Las unidades son Kg/cm², atm., mca., lb/pulg², bares (Pinto, 1997).
- **Altura de agua.** Es la presión ejercida en la base por una columna de agua. La unidad de medida de columna de agua es el metro (Pinto, 1997).
- **Volumen de agua.** Es el agua que se encuentra en condiciones estáticas en reservorios, tanques, etc. Se mide en m³, litros galones, etc. (Pinto, 1997).
- **Descarga o caudal.** Es la porción de agua que pasa a través de un conducto en un tiempo determinado. El conducto puede ser una válvula, una boquilla de aspersor, un gotero, etc. Las unidades son m³/h, l/h., l/s., etc. (Pinto, 1997).
- **Pérdida de carga o presión.** Son pérdidas de energía debido al rozamiento y puede ser por fricción, en forma continua a lo largo de toda la tubería y en ciertos puntos singulares como el cambio de dirección, variaciones del diámetro de la tubería. Las pérdidas de carga producidas por fricción o rozamiento dependen del caudal, la longitud, el diámetro y del material de la tubería (Pinto, 1997).
- **Espaciamiento o distanciamiento.** Es la distancia que existe entre los aspersores o goteros ubicados a lo largo de la línea o lateral de riego y a la distancia entre los laterales o líneas. En riego agrícola se conoce como marco de riego a la separación entre ramales y aspersores. Normalmente viene indicado por dos cifras; la mayor indica la separación entre ramales la menor entre aspersores. Los marcos más comunes suelen ser 12 x 12 m, 12 x 15 m, 12 x 18 m y 15 x 15 m. Estas distancias proporcionan una alta uniformidad de aplicación en riego de alta presión. La pluviometría del sistema es la cantidad de agua que entrega el sistema de riego por unidad de tiempo, normalmente se expresa en l/h o mm/h (Pinto, 1997).

- **Descarga de aspersores y goteros.** Es la cantidad de agua que sale del aspersor o gotero en un tiempo determinado. La descarga está en función de la presión, el diámetro de las boquillas y de un coeficiente que depende del diseño del aspersor o gotero (Pinto, 1997).
- **Descarga de una línea lateral de riego.** Cantidad de agua que fluye a lo largo de una línea de riego a través de los aspersores o goteros. En la sub unidad de riego, la diferencia de descarga entre el primer y último aspersor, no debe ser mayor al 10%, equivalente al 20% de diferencia en la presión (Pinto, 1997).
- **Tuberías.** Son conductos por los cuales fluye el agua ocupando toda el área transversal del tubo debido a una carga externa. Pueden ser de fierro, acero, PVC, PE., asbesto-cemento, concreto, fibra de vidrio, etc. (Pinto, 1997).
- **Diámetro de tubería.** Es la medida que caracteriza la dimensión de una tubería. Se debe distinguir lo que es el diámetro nominal, diámetro externo (E:D), diámetro interno (I.D). Viene expresado en pulgadas y milímetros (Pinto, 1997).
- **Clase de tubería.** Indica la resistencia a la presión normal de trabajo que pueden soportar las tuberías. Las tuberías de A-C pueden ser de 75, 105 o 200 lb/pulg². En polietileno vienen en clase 2.5, 4, 8 y 10 atmósferas, en PVC viene en mm. (Pinto, 1997).
- **Diámetro de boquilla del aspersor.** Indica la medida de la abertura de la boquilla. Viene expresado en pulgadas o milímetros (Pinto, 1997).
- **Válvulas.** Elementos hidráulicos que controlan o regulan el flujo de agua por las tuberías. Pueden ser de compuerta, esféricas, mariposa, oblicuas, etc. (Pinto, 1997).

2.2. UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

2.2.1. EFICIENCIA DE RIEGO

2.2.1.1. Distintos tipos de Eficiencia

Según el Comité Internacional de Riego y Drenaje, citado en el IV Curso Internacional de Riego Localizado (1980), se definen las distintas eficiencias de riego que están relacionadas con un aspecto determinado del sistema (Crespi y Rivetti, 2000).

- a) Eficiencia general (E_g). Es la relación entre el volumen de agua puesto a disposición de los cultivos en su zona radicular (V_{rad}) y el volumen total administrado a la zona regable (V_t).

$$E_g = V_{rad} / V_t$$

- b) Eficiencia de distribución (E_d). Es la relación entre el volumen aplicado a la parcela (V_{ap}) y el total suministrado a la zona regable.

$$E_d = V_{ap} / V_t$$

- c) Eficiencia de finca. (E_f). Es la relación entre el volumen situado en la zona radicular (V_{rad}) y el volumen total puesto a disposición del regante o a la entrada de su finca o parcela (V_{fi}).

$$E_f = V_{rad} / V_{fi}$$

- d) Eficiencia de la red de distribución o conducción (E_c). Es la relación entre el volumen puesto a disposición del regante (V_{fi}) y el volumen suministrado a la zona regable (V_t).

$$E_c = V_{fi} / V_t$$

- e) Eficiencia de distribución en finca o parcela (E_{df}). Es la relación entre el Volumen aplicado a la parcela (A_p) y el volumen puesto a disposición del regante (A_{fi}).

$$E_{df} = A_p / A_{fi}$$

f) Eficiencia de aplicación (E_a). Es la relación entre el volumen de agua situado en la zona de raíces (V_{ra}) y el volumen total que llega a la parcela (V_a).

$$E_a = V_{rad} / V_a \text{ (Crespi y Rivetti, 2000).}$$

g) En el sistema de riego por goteo, al ser prácticamente nulas las pérdidas en la red de distribución dentro de la unidad de riego, el análisis de la eficiencia se refiere fundamentalmente a la eficiencia de aplicación (Crespi y Rivetti, 2000).

2.2.1.2. Eficiencia de riego por goteo

La eficiencia de este método depende de dos factores: la uniformidad de riego y la relación de transpiración:

$$E_f = CU \times Tr$$

Donde:

E_f = Eficiencia de riego (%)

CU = Coeficiente de uniformidad de riego (%)

Tr = Relación de transpiración (en tanto por uno) (Crespi y Rivetti, 2000).

2.2.2. UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN

El riego por goteo hace posible la aplicación del mismo volumen de agua a cada planta dentro del sector de riego. Para ello se requiere que el espaciamiento entre goteros y entre laterales se adapte al cultivo y que el sistema opere a la presión de diseño.

La Uniformidad de Aplicación del agua se expresa en diferentes formas. Una Uniformidad del 100% implica que a cada punto dentro del sector de riego se le aplica el mismo volumen de agua. Si la uniformidad es baja, algunas partes del sector reciben menos agua que otras. A fin de asegurar que en aquellos puntos que reciben menos agua se aplica suficiente como para satisfacer la demanda del cultivo, se ha de aplicar un volumen adicional a todo el sector de riego (lo cual aumenta el consumo de agua y de los gastos de operación).

La uniformidad de la aplicación cobra mayor importancia en el riego por goteo debido al carácter acumulativo de la falta de uniformidad del riego en el transcurso del tiempo ya que el agua se aplica sobre puntos fijos en la parcela.

Uno de los índices para expresar la uniformidad de aplicación del agua es la “Uniformidad de distribución”, UD del agua. Para determinarla se selecciona al azar una muestra representativa (entre 40 y 100 goteros) y se determina la descarga de cada uno de ellos. Para calcular la UD se emplea la siguiente ecuación (Proyecto SEPOR, 2015; Fontella, 2010):

$$UD = 100 \times Q_{25\%} / Q_n$$

Donde:

UD = Uniformidad de distribución

$Q_{25\%}$ = La descarga promedio del 25% de los goteros con la descarga más baja

Q_n = La descarga promedio de todos los goteros empleados en la prueba.

Los valores de UD se clasifican de siguiente forma: (Cuadro 05).

CUADRO 05. Categorías de Uniformidad de Distribución

Clasificación	Uniformidad de distribución
Excelente	Superior al 87 %
Buena	De 75 % a 87 %
Aceptable	Del 62 % al 75 %
Inaceptable	Inferior al 62 %

Fuente: (Proyecto SEPOR, 2015).

La variación en la descarga de los goteros depende de:

- La variación en su fabricación
- La presión del sistema
- El grado de obturación de los goteros, (Proyecto SEPOR, 2015; Fontella, 2010).

2.2.2.1. Variación de Fábrica

La descarga de los goteros salidos de fábrica depende tanto de la presión en cada uno de ellos como de la calidad del proceso de fabricación, lo cual se denomina “variación de fábrica” o “variación de producción”. Ningún producto salido de fábrica es totalmente idéntico a otro y siempre se presentarán diferencias entre los goteros en una muestra. La uniformidad de descarga de una muestra de goteros salidos de fábrica se evalúa por medio del “Coeficiente de Variación de Fábrica”, CVf.

Este coeficiente se determina por un procedimiento estadístico. Se selecciona una muestra de goteros al azar, o si se trata de goteros integrales, se seleccionan al azar tramos de manguera de goteo. Se mide la descarga de cada uno de los goteros.

El CVf, se define como la Desviación Típica DT de la descarga de los goteros muestreados, dividida entre el promedio de la descarga de todos ellos, Q_n . Se lo expresa como una fracción decimal o como un porcentaje, de acuerdo a la siguiente expresión (Proyecto SEPOR, 2015):

$$CV_f = DT / Q_n$$

$$CV_f = 100 \times DT / Q_n$$

Donde:

CV_f = Coeficiente de Variación de la Fábrica (Fracción decimal)

$CV_f(\%)$ = Coeficiente de Variación de la Fábrica (Porcentaje)

DT = Desviación típica de la descarga de los goteros de la muestra

Q_n = Descarga promedio de los goteros en la muestra.

Asumiendo una distribución normal de la descarga de los goteros, se clasifica el Coeficiente de Variación de Fábrica en: (Proyecto SEPOR, 2015). (Cuadro 06).

CUADRO 06 Clasificación de los goteros en base al Coeficiente de Variación de Fábrica (CV_f).

Clasificación	CV _f	CV _f (%)
Excelente	Inferior a 0.05	5
Buena	De 0.05 a 0.10	10
Marginal	De 0.10 a 0.15	15
Baja	Superior a 0.15	Mayor a 15

Fuente: (Proyecto SEPOR, 2004).

Un CV_f de 0.10 (10%) indica que un 68% de los goteros están dentro del rango de $\pm 5\%$ de la descarga promedio de los goteros en la muestra.

La mejora de la calidad de los materiales empleados y el perfeccionamiento del proceso de producción han permitido establecer tolerancias cada vez más estrictas en las dimensiones y la calidad del producto. La mayoría de las empresas que producen goteros de alta calidad con un CV_f inferior a 0.10.

Los goteros compensados tienen un CV_f inferior a de los goteros de laberinto comunes ya que la producción y la calidad de la membrana afecta también a la uniformidad de su descarga (Proyecto SEPOR, 2015; Liota, 2000).

2.2.2.2. Variación de la descarga

Asumiendo que la descarga de los goteros sigue una distribución normal, se considera que la descarga promedio más dos Desviaciones Típicas ($Q_n + 2DT$) representa la descarga mínima de los goteros y que este rango incluye al 95% del total de los goteros en la muestra.

Tomando en consideración los resultados del ensayo, un CV_f de 0.05 (5%) indica que la diferencia entre la descarga máxima y la mínima es de un 15%.

Una forma adicional para evaluar a un sistema de goteo, es calcular la variación de la descarga máxima con la descarga mínima de los goteros sobre un mismo lateral, como se indica en la siguiente ecuación:

$$q_{\text{var}} = (q_{\text{max}} - q_{\text{min}}) / q_{\text{max}}$$

$$q_{\text{var}} = 1 - (q_{\text{max}} - q_{\text{min}})$$

q_{max} = La descarga máxima registrada

q_{min} = La descarga mínima registrada (Proyecto SEPOR, 2015; Liota, 2015).

2.2.2.3. Uniformidad de descarga

El concepto “Uniformidad de descarga” (EU), diferente a “Uniformidad de Distribución”, combina la Variación de Fábrica con la Variación de Presión que se presenta en el sector de riego. Este concepto se puede aplicar durante el diseño del sistema. En instalaciones recién instaladas y en aquellas en las cuales no se encuentran goteros obturados, la “Uniformidad de descarga” (EU) es similar a la “Uniformidad de Distribución” (DU).

La “Uniformidad de Descarga” (EU), se calcula empleando la siguiente expresión:

$$EU \text{ (\%)} = 100 * [(1 - 1.27 * CV_f) * (Q_{\text{min}} / Q_n)]$$

Donde:

EU (%) = Uniformidad de descarga

CV_f = Coeficiente de Variación de Fábrica (fracción decimal)

Q_{min} = Descarga mínima de los goteros, a la presión mínima dentro del sector de riego

Q_n = Descarga mínima de los goteros, a la presión mínima dentro del sector de riego

La Uniformidad de descarga de los goteros disminuye a lo largo del tiempo debido a la obturación parcial de los conductos, la deformación de los goteros y de las membranas del mecanismo de compensación por daños mecánicos a los laterales. Una inspección periódica del sistema es parte integral del mantenimiento de éste y es indispensable si se desea asegurar que la aplicación del agua siga siendo suficientemente uniforme como para satisfacer la demanda del cultivo a la vez que permite identificar el momento en el cual se hace necesario intervenir para dar el tratamiento requerido por el sistema, reparar lo necesario y prolongar su vida útil (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011).

2.3. CINTAS DE RIEGO

2.3.1 CINTA DE RIEGO RO-DRIP

Ro-Drip ofrece una solución confiable y rentable para todas las necesidades de riego por goteo bajo la superficie y sobre el terreno. Está diseñada específicamente para suministrar tasas de flujo uniformes al mismo tiempo que aborda el problema de mantenimiento que los agricultores por goteo enfrentan en la actualidad: el bloqueo por condiciones de alta contaminación.

Debido a su diseño hidráulico, es la cinta de goteo con menor riesgo de obturaciones, lo cual asegura una entrega uniforme a los cultivos no solo de agua, sino también de los nutrientes y demás productos aptos para aplicación a través del riego por goteo.

Uso sugerido:

- a. Cinta 5 mil, se utiliza en áreas donde hay poca cantidad de rocas y plagas y donde el costo constituye un factor importante, espaciamientos de emisores cada 10, 15, 20 y 30 cm y la presión de operación de 0.55 bar
- b. Cinta 6 mil, se utiliza en áreas donde hay poca cantidad de rocas y plagas y donde el costo constituye un factor importante, espaciamientos de emisores cada

10, 20 y 30 cm y la presión de operación de 0.55 bar. Esta cinta es más resistente que la de 5 mil y más rentable que la 8 mil.

c. Cinta 8 mil, para agricultores que realizan cultivos dobles o usan la cinta para cultivos de largas temporadas. Goteros cada 10, 20, 30 y 40 cm. Presión de operación de 0.55 bar.

d. Cinta 10 mil, tiene mayor espesor de pared, resistente a los daños mecánicos. Ideal para usar durante varias temporadas. Goteros cada 20, 30 y 40 cm. Presión de operación 0.55 bar. (www.jhondeerwater.com).

Ecuación general del gotero

$$Q = 0.1475x^{0.8801}$$



FOTOGRAFÍA 01. Cinta de riego RODRIP

2.3.2. CINTA DE RIEGO NETAFIM

Gotero integral en tubería de pared delgada máxima de presión de trabajo, de acuerdo al espesor de la pared de la tubería. Laberinto tubo Net con amplios pasos de agua de 3 caudales diferentes mayor resistencia en cualquier calibre de cinta. Como pionero de riego por cinta, 50 años de experiencia en la fabricación de la cinta de riego de la mejor calidad tiene la más amplia selección de caudales, espesores de pared y opciones de filtración disponible actualmente. La extraordinaria confiabilidad y funcionamiento de la cinta, está comprobada por usuarios alrededor del mundo. (www.netafim-latinoamerica.com).

Máxima presión de trabajo de 0.80-1.0 bar y el caudal de 1.10 y 1.60 l/h.

Ecuación general del gotero

$$Q = 0.2799x^{0.4782}$$



FOTOGRAFÍA 02. Cinta de Riego NETAFIM

2.3.3. CINTA DE RIEGO AQUA – TRAXX

La cinta de riego Aqua-Traxx FC de Toro le brinda uniformidad de riego a pesar del desnivel del terreno. De este modo, ahora usted puede ajustar la cantidad de agua que sus plantas reciben en un terreno accidentado y asegurarse de que todas las plantas reciban la misma cantidad a través de nuestro sistema de distribución uniforme.

Es la única cinta de riego disponible con la característica de control de flujo, la cual le permite controlar el caudal y la uniformidad de riego en cualquier cultivo. El diseño innovador de la función de control de flujo le brinda la flexibilidad de aumentar o disminuir el caudal manteniendo la uniformidad de riego a través de los altibajos topográficos del terreno de cultivo. Ahora, tendrá mayor control de la cantidad de agua colocada en su cultivo, especialmente en trayectos largos o en terrenos ondulantes en donde la presión del agua varía a lo largo del trayecto. (AQUA TRAXX, 2015).

Máxima presión de trabajo de Máxima presión de trabajo de 0.70 bar y el caudal de 1.10 l/h.

Ecuación general del gotero

$$Q = 0.3045x^{0.5556}$$



FOTOGRAFÍA 03. Cinta de Riego AQUA TRAXX

2.4. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS

- **LOBOA, J.,** et al., (2011), realizaron un estudio sobre la evaluación del Coeficiente de Uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en capas, para lo cual emplearon tecnologías de filtración no convencionales basadas en el flujo ascendente del agua a través de filtros con capas de materiales de diferente granulometría para evaluar los coeficientes de uniformidad en cuatro módulos de riego de alta frecuencia, en la planta piloto de tratamiento de agua del Instituto de Investigación Cinara (Cali). Cada módulo utilizó emisores de riego diferente: microjet, autocompensados incorporados (Aqua traxx), Lyn y cinta de riego (Queen Gil). Los resultados mostraron que con este tipo de filtración los emisores de riego que alcanzaron los mejores coeficientes de uniformidad fueron. Microjet (94.30%) 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 91.50% (calificación buena) y el desempeño menos eficiente lo presentó la cinta de riego.
- **FONTELA, C.,** (2010), realizaron un estudio sobre el Desempeño del Riego por goteo en Mendoza, (Argentina). Análisis de los Coeficientes de Uniformidad y de la salinidad del suelo y el objetivo del trabajo tuvo por objeto medir el desempeño de estos modernos sistemas ubicados en los oasis Centro y Norte de la Provincia de Mendoza y regados con distintas fuentes de agua: superficial y subterránea. La evaluación de 17 propiedades permitió determinar coeficientes de uniformidad, importantes en, salinidad del agua de riego y lugares (bulbo húmedo e interfilar) y a dos profundidades (0.10 – 0.30 m y 0.30 – 0.50 m). Se analizó, además, la textura del suelo, para visualizar su posible relación con los niveles de salinidad detectados en la rizósfera. Las conclusiones del trabajo muestran que en el 44% de las sub unidades de riego evaluadas (64 en total en las 17 propiedades) el CU se halla ubicado por debajo del rango recomendado. También en el 94% de las fincas evaluadas hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre caudales medios registrados en unidades y sub unidades de riego de una misma propiedad. Se encontraron variaciones importantes en las láminas máxima diarias factibles de ser aplicadas (2.5 y 13.1 mm/día) y diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la salinidad del extracto de saturación del suelo, en la

sodicidad (RAS) y en la concentración del anión “cloruro” cuando se compara el suelo extraído del bulbo, respecto del interfilar. Así mismo se comprueba que no hay diferencias entre distintas profundidades. Las variables que afectan el aumento de la salinidad son: el lugar (bulbo o interfilar), la calidad del agua de riego (salinidad total) y la textura del suelo (expresada como volumen de sedimentación): Las variables que explican la variación de sodicidad son: lugar (bulbo-interfilar) y contenido de bicarbonatos en el suelo. Se concluye con algunas recomendaciones para sortear los principales inconvenientes detectados, a fin de mejorar la operación de los sistemas y asegurar un desarrollo sustentable de los recursos involucrados.

- **CUN, et al.(2010)**, en un trabajo sobre la Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación, mencionan que en Cuba existen 673 casas de cultivo de diferentes dimensiones, 12 m x 45 m y 20 m x 40 m agrupadas en 24 módulos (42 ha), distribuidos en 13 provincias, las que brindan a la población y al mercado de frontera producciones entre las 200 t·ha-1 y 300 t·ha-1 de hortalizas por año. Para las que los especialistas del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, proyectaron sistemas de riego por goteo. En la obtención de cosechas de buena calidad y altos rendimientos es imprescindible que los sistemas de riego funcionen con una elevada eficiencia. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar la uniformidad del riego a través del cálculo del coeficiente de uniformidad (Cu) del sistema trabajando con un solo lateral y con dos laterales de gotero sobre el cantero en condiciones de producción. El estudio se realizó en el módulo de casas de cultivos “Las Guásimas”, situada en la provincia de La Habana a los 23° 00' ; 33,12" Latitud Norte y 82° 17'; 42,57" Longitud Oeste, a 92 m sobre el nivel medio del mar, Municipio Arroyo Naranjo; donde quedó demostrado que el coeficiente de uniformidad para el gasto de los emisores, clasifica en la categoría de bueno (> 80%), pero fuera del valor nominal recomendado por el fabricante (2 L·h-1) para ambas situaciones. El Cu general de los sistemas fue bueno y excelente (> 80 y > 90%). Concluimos que fue superior el coeficiente de uniformidad de los gastos y del sistema en general (incluyendo presiones), cuando se utilizó un lateral por hilera de cultivo. Los sistemas de riego en estas unidades productivas funcionan en muchos casos con presiones superiores a las calculadas por proyecto, lo que provoca que el gasto de los emisores sea superior a los diseñados por el fabricante.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Católica de Santa María en el Fundo “La Banda” – Huasacache, distrito de Hunter, Provincia y región de Arequipa. (Fotografía No.01). Geográficamente se encuentra a: 16° 27’ 51” Latitud Sur, 71° 34’ 30” Longitud Oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 2 191 m.



Fuente: Google earth

FOTOGRAFÍA 04 Fundo “La Banda”, Huasacache, Hunter.

3.2. FECHA DE INICIO Y TÉRMINO

Los trabajos de campo se iniciaron en octubre 2017 y finalizaron en diciembre 2017.

3.3. CLIMATOLOGÍA

Los datos climáticos de la estación Huasacache, se muestran en el Anexo 01. Se observa que en octubre 2017, la temperatura máxima fue de 23.0 °C, con mínima de 9.0°C una Humedad relativa de 34.0% y 10 horas de sol, en noviembre, la temperatura máxima fue de 22.0 °C, con mínima de 9.0°C, una humedad relativa de 37.0% y 10 horas de sol en diciembre 2017, la temperatura máxima fue de 22.0 °C, con mínima de 10.0°C una Humedad relativa de 47.0% y 9 horas de sol.

3.4. RECURSO AGUA

Se han analizado las aguas de regadío que abastecen al fundo “La Banda”, donde puede observarse que en sodio tiene un grado de restricción severo, en potasio ninguno, lo mismo que en magnesio y calcio; el grado de restricción en cloruros es severo, en sulfatos es alto lo mismo que en bicarbonatos. El valor de RAS es 5.13, tiene una Conductividad eléctrica de 3.6 ms/m y un ph de 8. (Los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 02)

3.5. RECURSO SUELO

Los análisis de suelos realizados en el fundo “La Banda”, se muestran en el Anexo 03 Puede observarse que los suelos de Huasacache; son de textura franco-arenoso, con 80.8.% de arena, 11.0% de limo y 8.2% de arcilla. Tiene una porosidad de 37.0%, la Capacidad de Campo de 8.5%, agua disponible de 6.2% y Punto de marchitez de 2.3%. La estructura es esferoidal y su densidad aparente de 1.10 gr/cc., conductividad eléctrica 0.40 dS/m.

3.6. MATERIALES Y MÉTODOS

3.6.1. MATERIALES

3.6.1.1. Materiales y equipos

- Campo con cintas de riego por goteo (Fotografía 02)
- Un centro de control o “Cabezal”, con un sistema de filtrado.
- Una electrobomba de 2.0 hp, para imprimir presión al sistema.
- Reservorio impermeabilizado con geo membrana de 0.75 mm espesor
- Línea matriz o principal de PVC de 2”

- Pegamento (cemento) para unir tubos de PVC
- Línea secundaria de 1" de PE
- Conectores iniciales con goma para cinta de 16 mm.
- "Chicotes" de PE de 16 mm. x 0.50 m.
- Mini válvula de PE de 16 mm.
- Cintas de riego de PE con emisores cada 0.40 m y descarga de 1.0 l/h
- Unión cinta- cinta 16 mm.
- Manómetro para medir la presión en diferentes puntos de las cintas.
- Recipientes de vidrio o plástico para recoger agua de los goteros.
- Probeta para medir el agua captada en los recipientes
- Cronometro para determinar el tiempo de la prueba de descarga de caudales por cada gotero evaluado.



FOTOGRAFÍA 05 Campo experimental con cintas de riego por goteo

3.6.1.2. Materiales de escritorio

- Computadora
- Programa de estadística
- Hojas de papel bond
- Reglas
- Calculadora
- Libreta de campo
- Cintra métrica
- Calibrador vernier

- Cámara fotográfica

3.6.2. METODOLOGÍA

3.6.2.1. Preparación del campo experimental

El campo donde se instaló las cintas de riego fue completamente emparejado de acuerdo a la pendiente del terreno.

3.6.2.2. Centro de Control o “Cabezal”

El cabezal estuvo constituido por una electrobomba de 2.0 HP, una cuchilla para el sistema eléctrico, un sistema de filtración, con dos filtros de anillos, válvulas de control de 2”, uniones simples y universales de 2”.

3.6.2.3. Reservorio

Se efectuó la rehabilitación integral del reservorio existente, que consistió en una limpieza general y la colocación de una geomembrana de 0.75 mm de espesor, para impermeabilizar el reservorio.

3.6.2.4. Marcado del campo experimental

En el campo preparado se marcó el lugar por donde se enterró la línea principal, la línea secundaria, y las cintas de goteo.

3.6.2.5. Cálculo del Coeficiente de Uniformidad

Una vez seleccionada una sub unidad de riego (superficie después de la válvula sectorial y reguladora), se identificó:

- El primer lateral o cinta de goteros
- El lateral ubicado a 1/3 de la distancia desde el inicio
- El lateral ubicado a 2/3 de la distancia desde el inicio
- El último lateral

Luego en cada uno de ellos, realizar la prueba de descarga y chequeo de presión, en el:

- Primer gotero

- En el gotero ubicado a 1/3 del inicio del lateral
- En el gotero ubicado a 2/3 del inicio del lateral
- En el último gotero (Proyecto SEPOR, 2012)

3.6.3. EVALUACIONES

3.6.3.1. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDAL

Para realizar la evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CuC), se emplea la probeta graduada (para medir volumen) y el cronómetro (para medir el tiempo). Los datos de descarga de cada emisor, se traspasaron a una tabla como se muestra: (Fotografía 03). El tiempo de duración de descarga fue de 5 minutos.

Posición del lateral	Primer emisor q(l/h)	Emisor 1/3 q (l/h)	Emisor 2/3 (q /h)	Ultimo emisor q (l/h)
Lateral inicial				
1/3 Lateral				
2/3 Lateral				
Ultimo Lateral				

El caudal (q) es el volumen de agua que se ha recibido del gotero elegido y que se ha medido en la probeta por un tiempo determinado.



FOTOGRAFÍA 06 Medición de caudal del gotero con probeta

Para expresar el caudal en l/h, se utiliza la siguiente expresión:

$$q \text{ (l/h)} = \text{Volumen (cc)} / \text{Tiempo (seg)} \times 3.6$$

Con los datos expresados en l/h se calcula el Coeficiente de Uniformidad de caudales (CUC), de la siguiente manera:

a) Ordenar los datos de mayor a menor. Los 16 números obtenidos se ordenan de menor a mayor.

b) Calcular el promedio de los 4 emisores de menor caudal

$$q_{25\%} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 / 4$$

c) Calcular el promedio de caudal de todos los emisores

$$q_a = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + \dots + q_{16} / 16$$

d) Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC), que se expresa en porcentaje:

$$\text{CUC} = q_{25\%} / q_m \times 100$$

Donde:

$q_{25\%}$ = Media del 25% de los valores más bajos de los volúmenes recogidos en l/h

q_m = Media de todos los volúmenes de agua recogidos en l/h.

(Proyecto SEPOR. Servicio de Programación y Optimización del Uso del agua de Riego, 2015).

3.6.3.2. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESION

Para realizar la evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUP), se empleó el manómetro (para medir presiones). Los datos de presión de cada emisor, se traspasan a una tabla como se muestra:

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial				
1/3 Lateral				
2/3 Lateral				
Ultimo Lateral				

La presión (p) es la medida en el gotero elegido y que se ha valorado con el manómetro en unidades bar.



FOTOGRAFÍA 07. Medición de la presión en el gotero con manómetro

Con los datos expresados en bar se calcula el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUP), de la siguiente manera:

- a) Ordenar los datos de mayor a menor. Los 16 números obtenidos se ordenan de menor a mayor.
- b) Calcular el promedio de los 4 emisores de menor presión

$$p_{25\%} = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 / 4$$

c) Calcular el promedio de presiones de todos los emisores

$$p_a = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + \dots + p_{16} / 16$$

d) Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUP), que se expresa en porcentaje:

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100$$

Donde:

$p_{25\%}$ = Media del 25% de los valores más bajos de las presiones

p_m = Media de todas las presiones

x = Exponente de descarga, según el tipo de gotero. En caso de no ser conocido se puede sustituir por 1.0 (Pizarro, 1996).

3.7. COMPONENTES DE ESTUDIO

- Cinta de riego RO-DRIP de 16 mm. de diámetro con goteros cada 20 cm.
Diámetros: 16 mm
Espesor: 0,6 mil
Espaciamiento: 20 cm
Caudal: 185 – 750 l/h/100 m
Presión de trabajo: 0,55 bar
- Cinta de riego NETAFIM de 16 mm. de diámetro con goteros cada 20 cm.
Diámetros: 16 mm
Espesor: 0,6 mil
Espaciamiento: 20 cm
Caudal: 1.10 l/h
Presión de trabajo: 0,80 bar
- Cinta de riego AQUA –TRAXX de 16 mm. de diámetro con goteros cada 20cm.
Diámetros: 16 mm
Espesor: 0,6 mil
Espaciamiento: 20 cm

Caudal: 1.01 l/h

Presión de trabajo: 0,7 bar

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. (Cortes, 2011)

Tratamientos en estudio

- T1 = Cinta de riego RO-DRIP de 16 mm. de diámetro con goteros cada 20 cm.
- T2 = Cinta de riego NETAFIM de 16 mm. de diámetro con goteros cada 20 cm
- T3 = Cinta de riego AQUA-TRAXX de 16 mm. de diámetro con goteros cada 20 cm.

Nota: La cinta de Riego RO-DRIP operará a una presión alta de 0.55 bar y a una presión baja de 0.30 bar (Según catálogo)

La cinta de Riego NETAFIM operará a una presión alta de 0.80 bar y a una presión baja de 0.65 bar (Según catálogo).

La cinta de Riego AQUA TRAXX operará a una presión alta de 0.70 bar y a una presión baja de 0.55 bar (Según catálogo).

El diseño experimental se ajusta al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ = parámetro, efecto medio

α_i = parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = parámetro, efecto del bloque j

ϵ_{ij} = valor aleatorio, error experimental (Cortes, 2011).

3.8.1. Características experimentales

a) Unidad experimental

- Constituida por una cinta de riego con emisores cada 20 cm.
- Largo: 30.00m
- Ancho: 0.80 m
- Área: 24.00 m².

b) Bloques

- Largo: 30.00m.
- Ancho: 6.5 m.
- Área: 195 m²

c) Área Experimental

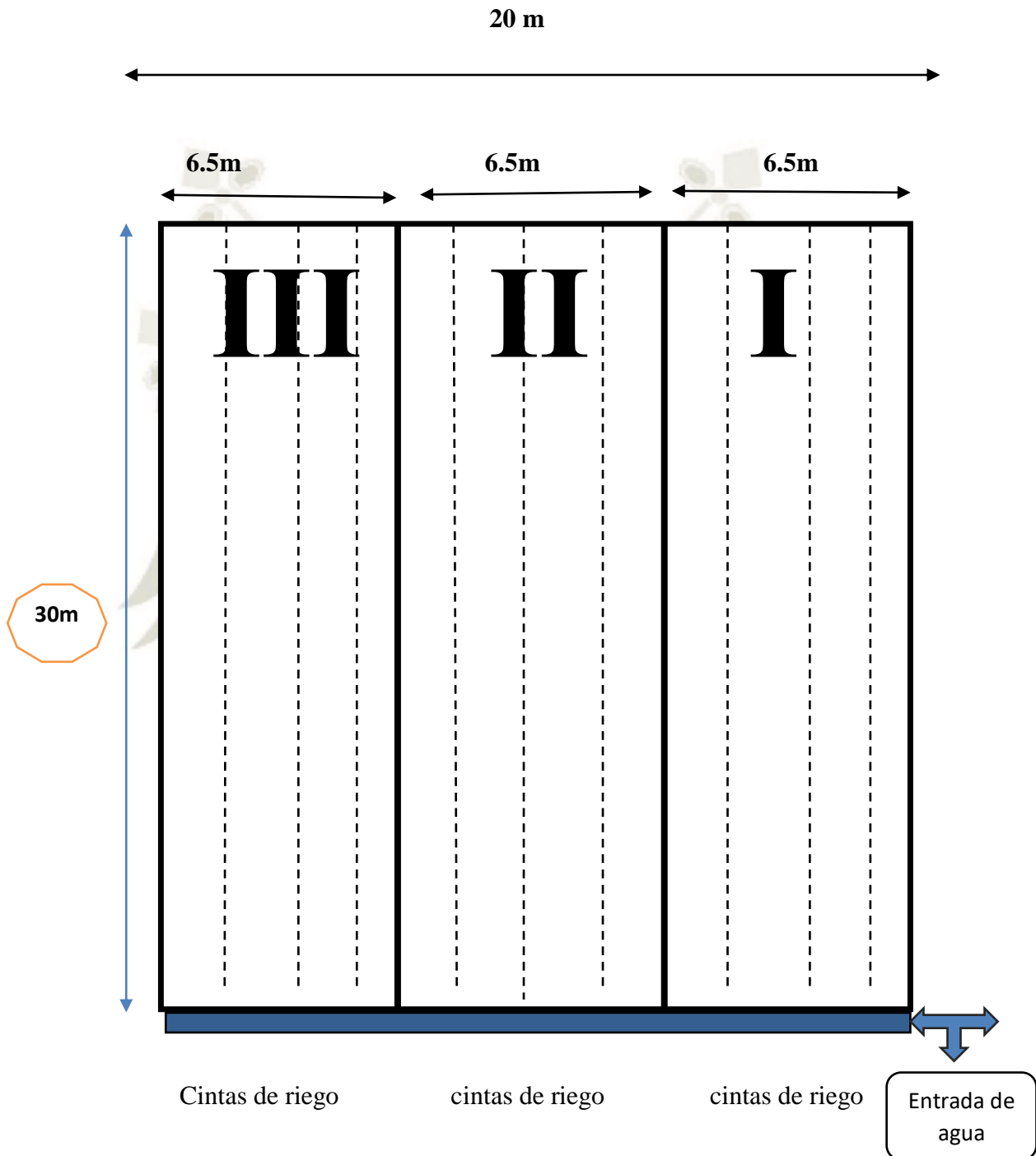
- 585 m²

3.9. PROCESAMIENTO DE DATOS

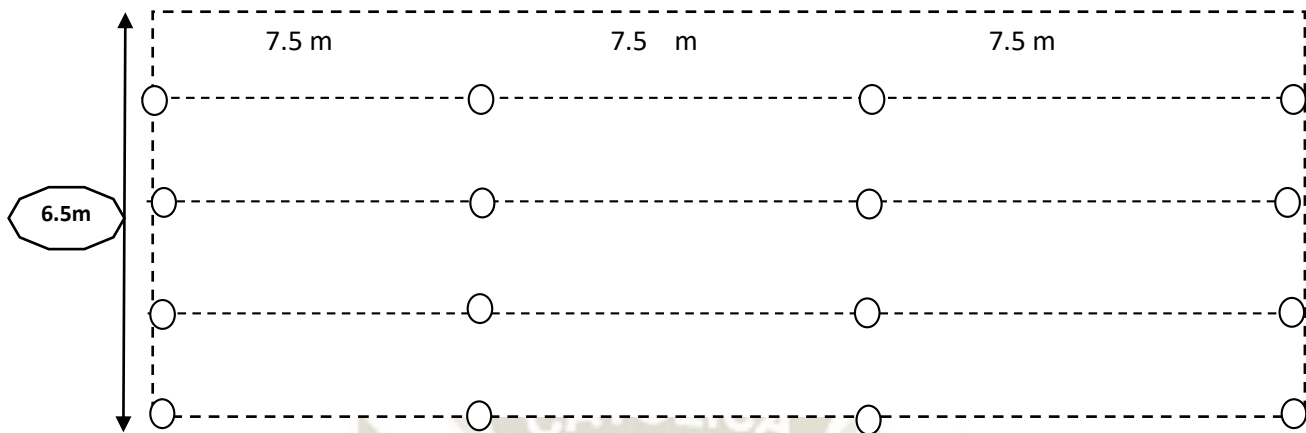
El Análisis de Varianza (ANVA) se efectuó tomando como base los resultados obtenidos del Coeficiente de Uniformidad de caudal y Coeficiente de Uniformidad de presión. La prueba estadística empleada fue la de “F” y los valores calculados se compararon con el de las tablas respectivas al nivel de 5% de probabilidades; para comparar los promedios de tratamientos que resultaran significativos, se empleó la prueba de Rango Múltiple de Tukey a un nivel de significación de 0.05.

3.10. CROQUIS EXPERIMENTAL

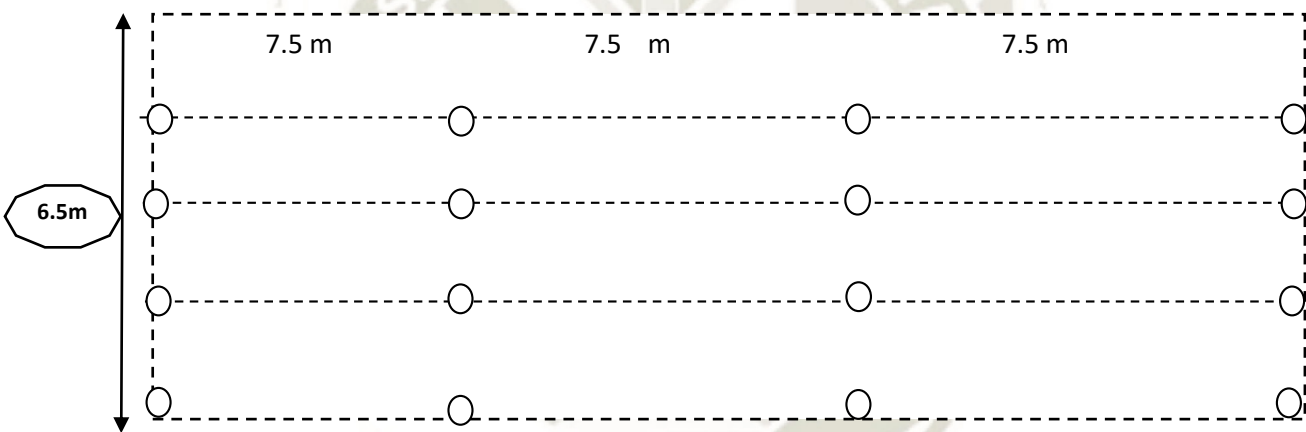
CROQUIS DEL EXPERIMENTO



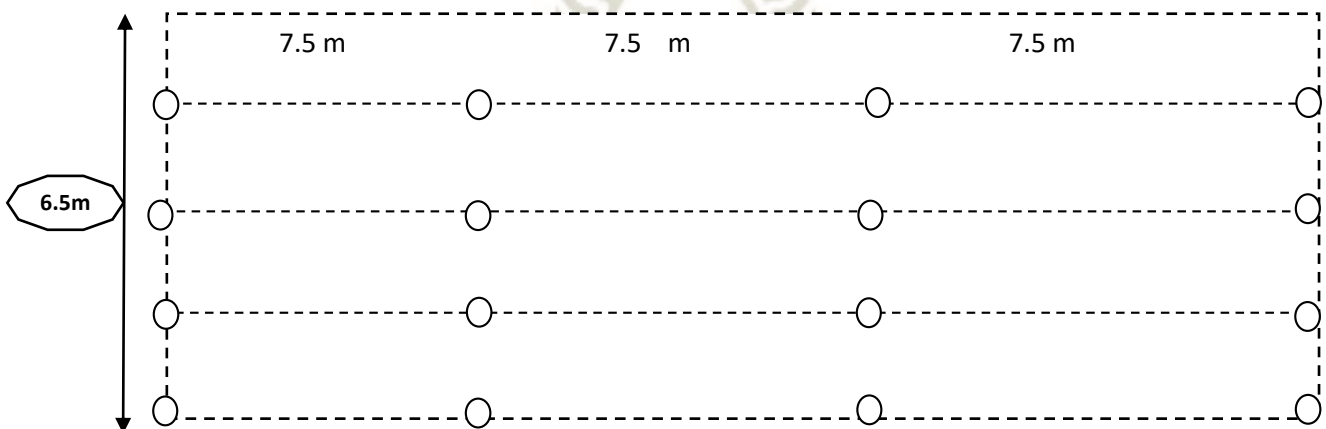
BLOQUE I



BLOQUE II



BLOQUE III



CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES (CUc) A PRESIÓN ALTA

4.1.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión 0.55 bar) (Presión alta)

En el Cuadro 07 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 1 para la cinta RODRIP, para presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 93.91 %.

CUADRO 07. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.00	0.92	0.90	0.94
1/3 lateral	1.02	0.96	1.04	0.90
2/3 lateral	0.98	1.04	1.00	0.90
Ultimo lateral	1.00	0.96	0.92	1.03

$$CUc = (q_{25\%} / q_m) \times 100 \quad CUc = 93.91 \% \text{ (Según tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.97 l/h a una Presión=0.55 bar

En el Cuadro 08 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 2 para la cinta RODRIP, para presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del

Coefficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 93.48 %.

CUADRO 08. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.00	0.96	1.00	0.98
1/3 lateral	1.10	1.04	1.10	1.05
2/3 lateral	1.08	1.10	1.12	1.10
Ultimo lateral	1.06	0.98	0.98	1.04

$$CUc = (q_{25\%} / q_m) \times 100 \quad CUc = 93.48 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 1.04 l/h a una Presión=0.55 bar

En el Cuadro 09 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 3 para la cinta RODRIP, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 90.82 %.

CUADRO 09. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.10	1.00	1.06	1.10
1/3 lateral	1.10	0.94	1.10	1.14
2/3 lateral	0.98	0.98	1.10	1.14
Ultimo lateral	0.98	1.10	1.16	1.10

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad CUC = 90.82 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 1.07 l/h a una Presión=0.55 bar

Resumen para la Cinta RO-DRIP

Repetición	Presión *	CUC	Valor	Descarga emisor
1	0.55 bar	93.91%	Excelente	0.97 l/h
2	0.55 bar	93.48%	Excelente	1.04 l/h
3	0.55 bar	90.82%	Excelente	1.07 l/h
Promedio		92.74%		1.03 l/h

*Según Catálogo Cintas Ro drip

Promedio de promedios de la descarga de los emisores de 1.03 l/h

Promedio del Coeficiente de Uniformidad de Caudales 92.74%

4.1.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión alta) (0.80 bar)

En el Cuadro 10 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) en la Repetición 1 para la cinta NETAFIM, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 95.26 %.

CUADRO 10. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.04	1.00	0.96	1.00
1/3 lateral	1.10	1.04	0.90	0.92
2/3 lateral	1.10	0.92	0.96	0.96
Ultimo lateral	0.90	0.90	0.92	0.92

$$CUC = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUC = 95.26 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.97 l/h a una P=0.80 bar

En el Cuadro 11 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) en la Repetición 2 para la cinta NETAFIM, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 94.82 %.

CUADRO 11. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.00	0.98	0.90	1.00
1/3 lateral	0.98	1.00	0.98	0.94
2/3 lateral	0.90	0.94	0.94	0.96
Ultimo lateral	1.00	1.00	1.00	0.92

$$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUc = 94.82 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.95 l/h a una P=0.80 bar

En el Cuadro 12 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 3 para la cinta NETAFIM, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 94.31 %.

CUADRO 12. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.00	0.96	1.00	1.00
1/3 lateral	0.98	0.92	0.98	0.98
2/3 lateral	0.96	0.96	0.96	0.90
Ultimo lateral	0.89	0.89	0.90	0.90

$$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUc = 94.31 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.95 l/h a una P=0.80 bar

Promedio del Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUc) = 94.80 %

Resumen para la Cinta NETAFIM

Repetición	Presión *	CUc	Valor	Descarga emisor
1	0.80 bar	95.26%	Excelente	0.97 l/h
2	0.80 bar	94.82%	Excelente	0.95 l/h
3	0.80 bar	94.31%	Excelente	0.95 l/h
Promedio		94.80%		0.96 l/h

*Según Catálogo Cintas Netafim

4.1.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión: 0.70 bar) (Presión alta)

En el Cuadro 13 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 1 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 94.74 %.

CUADRO 13. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.11	1.17	0.95	1.01
1/3 lateral	1.21	1.13	1.13	1.21
2/3 lateral	1.19	1.07	1.17	1.07
Ultimo lateral	1.07	0.97	1.13	1.01

$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100$ CUc = 94.74 % (Según Tabla: Excelente).

Promedio de descarga de los emisores 1.14 l/h a una P=0.70 bar

En el Cuadro 14 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 2 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 94.60 %

CUADRO 14. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.07	1.11	1.17	1.05
1/3 lateral	1.05	1.11	1.17	1.07
2/3 lateral	1.11	1.17	1.27	1.17
Ultimo lateral	1.11	1.07	1.11	1.13

$$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUc = 94.60 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 1.12 l/h a una P=0.70 bar

En el Cuadro 15 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 3 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 96.83 %

CUADRO 15. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.07	1.09	1.13	1.07
1/3 lateral	1.07	1.11	1.17	1.07
2/3 lateral	1.09	1.11	1.17	1.11
Ultimo lateral	1.11	1.11	1.07	1.13

$$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUc = 96.83 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 1.11 l/h a una P=0.70 bar

Promedio de promedios de la descarga de los emisores de 1.12 l/h para la Cinta AQUA TRAXX a 0.70 bar (Presión alta).

Promedio de Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) de 95.39% para la Cinta AQUA TRAXX a 0.70 bar (Presión alta).

Resumen para la Cinta AQUA TRAXX

Repetición	Presión *	CUC	Valor	Descarga emisor
1	0.70 bar	94.74%	Excelente	1.14 l/h
2	0.70 bar	94.60%	Excelente	1.12 l/h
3	0.70 bar	96.83%	Excelente	1.11 l/h
Promedio		95.39%		1.12 l/h

*Según Catálogo Cintas Aqua Traxx

Resumen general Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) a presión alta de trabajo

Repetición (R)	T1	T2	T3
	Rodrip	Netafim	Aqua traxx
R1	93.91%	95.26%	94.74%
R2	93.48%	94.82%	94.60%
R3	90.82%	94.31%	96.83%
Promedio	92.74%	94.80%	95.39%

En el Anexo 01, se muestra los resultados de los Coeficientes de Uniformidad (CUC) para las tres líneas de riego funcionando con Presión alta (RO-DRIP 0.55 bar, NETAFIM 0.80 bar y AQUA TRAXX 0.70 bar).

En el Cuadro 16 se presenta el Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que no hay diferencias significativas en las cintas de riego.

El Coeficiente de Variabilidad (CV.) es de 1.55 % que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

CUADRO 16. Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha= 0.05$
Tratamientos	2	11.5469	5.7734	2.69 ns.	6.94
Bloques	2	0.5156	0.2278	0.12 ns.	6.94
Error	4	8.5703	2.1426		
Total	8	20.6328			

C.V. = 1.55 %

En el Cuadro 17 se muestra la Prueba de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que no existe significación en las tres cintas.

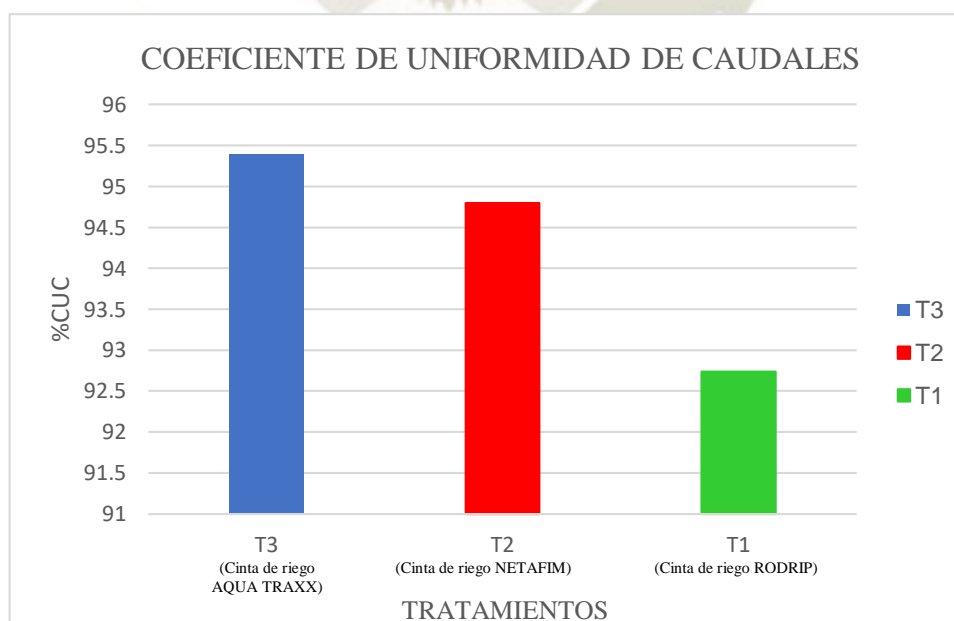
En el Gráfico 01 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 17. Prueba de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (Cuc) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

Orden	Tratamientos	CUC	Significación
1	T3 (Cinta de riego AQUA TRAXX)	95.39	a
2	T2 (Cinta de riego NETAFIM)	94.80	a
3	T1 (Cinta de riego RODRIP)	92.74	a

Nota: Letras iguales indican que no existe significación estadística.

GRAFICO 01. Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para presión alta de trabajo en las tres cintas de riego



4.2. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES (CUc) A BAJA PRESIÓN (bar).

4.2.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión 0.30 bar) (Presión baja)

En el Cuadro 18 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 1 para la cinta Ro-drip, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 90.94 %.

CUADRO 18. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	0.94	0.96	0.96	0.80
1/3 lateral	0.92	0.96	0.90	0.81
2/3 lateral	0.88	0.92	0.90	0.84
Ultimo lateral	0.94	0.88	0.80	0.90

$$CUc = (q_{25\%} / q_m) \times 100 \quad CUc = 90.94 \% \text{ (Según tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.89 l/h a una P=0.30 bar.

En el Cuadro 19 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 2 para la cinta RO-DRIP, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 90.27 %.

CUADRO 19. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Último emisor (l/h)
Lateral inicial	0.84	0.82	0.78	0.78
1/3 lateral	0.90	0.90	0.90	0.90
2/3 lateral	0.94	0.90	0.90	0.90
Último lateral	0.76	0.76	0.80	0.86

$$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUc = 90.27 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.85 l/h a una P=0.30 bar.

En el Cuadro 20 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 3 para la cinta RO-DRIP, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 90.25 %.

CUADRO 20. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	0.86	0.78	0.88	0.86
1/3 lateral	0.86	0.74	0.88	0.86
2/3 lateral	0.74	0.74	0.88	0.84
Ultimo lateral	0.84	0.84	0.87	0.86

$$CUc = (q_{25\%} / q_m) \times 100 \quad CUc = 90.25 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.83 l/h a una P=0.30 bar.

Promedio de promedios de la descarga de los emisores de 0.86 l/h para la Cinta RO-DRIP a 0.30 bar (Presión baja). Promedio del Coeficiente de Uniformidad para presiones 90.49%.

Resumen para la Cinta RO-DRIP

Repetición	Presión *	CUc	Valor	Descarga emisor
1	0.30 bar	90.94%	Excelente	0.89 l/h
2	0.30 bar	90.27%	Excelente	0.85 l/h
3	0.30 bar	90.25%	Excelente	0.83 l/h
Promedio		90.49%		0.86 l/h

*Según Catálogo Cintas Ro drip

4.2.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión 0.65 bar) (Presión baja)

En el Cuadro 21 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) en la Repetición 1 para la cinta NETAFIM, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 91.98 %

CUADRO 21. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	0.88	0.90	0.90	0.90
1/3 lateral	1.08	0.98	0.96	1.00
2/3 lateral	1.06	0.98	1.00	0.96
Ultimo lateral	0.94	0.90	1.08	1.04

$CUC = q_{25\%} / q_m \times 100$ CUC = 91.98 % (Según Tabla: Excelente).

Promedio de las descargas de 0.97 l/h

En el Cuadro 22 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) en la Repetición 2 para la cinta NETAFIM, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 93.31 %.

CUADRO 22. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Último emisor (l/h)
Lateral inicial	0.88	0.91	0.88	0.90
1/3 lateral	0.90	0.90	1.00	0.92
2/3 lateral	1.00	1.04	1.04	1.00
Último lateral	1.00	1.00	0.98	0.96

$$CUc = (q_{25\%} / q_m) \times 100 \quad CUc = 93.31 \% \text{ (Según Tabla: Excelente).}$$

Promedio de las descargas de 0.96 l/h

En el Cuadro 23 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 3 para la cinta NETAFIM, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 92.63 %

CUADRO 23. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 3

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	0.94	0.86	0.88	0.90
1/3 lateral	0.90	0.84	0.86	0.84
2/3 lateral	1.00	0.86	0.82	0.82
Ultimo lateral	1.06	0.96	0.90	0.96

$CUC = q_{25\%} / q_m \times 100$ $CUC = 92.63 \%$ (Según Tabla: Excelente).

Descarga de caudales de 0.90 l/h

Promedio de promedio de caudales de 0.94 l/h.

Promedio del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) de 92.64%

Resumen para la Cinta NETAFIM

Repetición	Presión *	CUC	Valor	Descarga emisor
1	0.65 bar	91.98%	Excelente	0.97 l/h
2	0.65 bar	93.31%	Excelente	0.96 l/h
3	0.65 bar	92.63%	Excelente	0.90 l/h
Promedio		92.64%		0.94 l/h

*Según Catálogo Cintas Netafim

4.2.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión: 0.55 bar) (Presión baja)

En el Cuadro 24 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 1 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 91.99 %.

CUADRO 24. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 1

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Último emisor (l/h)
Lateral inicial	0.96	1.12	1.10	0.96
1/3 lateral	1.00	1.10	0.98	0.98
2/3 lateral	1.10	1.10	1.10	1.06
Último lateral	1.08	1.10	1.06	1.00

$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100$ $CUc = 91.99 \%$ (Según Tabla: Excelente).

Promedio de descarga de los emisores 1.05 l/h a una P=0.70 bar.

En el Cuadro 25 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 2 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 94.58 %.

CUADRO 25. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 2

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	0.96	1.00	1.02	1.10
1/3 lateral	1.00	0.96	1.00	1.06
2/3 lateral	1.06	1.08	1.06	1.04
Ultimo lateral	0.96	1.00	0.98	0.96

$$CUc = q_{25\%} / q_m \times 100 \quad CUc = 94.58 \% \text{ (Según Tabla: Excelente)}$$

Promedio de descarga de los emisores 1.02 l/h a una P=0.55 bar.

En el Cuadro 26 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en la Repetición 3 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es Excelente con 94.99 %.

CUADRO 26. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 3

Posición del lateral	Primer emisor (l/h)	Emisor 1/3 (l/h)	Emisor 2/3 (l/h)	Ultimo emisor (l/h)
Lateral inicial	1.06	1.10	1.04	1.10
1/3 lateral	1.02	1.00	1.00	0.96
2/3 lateral	0.96	0.90	0.96	1.00
Ultimo lateral	0.90	0.90	0.86	0.90

$CUC = q_{25\%} / q_m \times 100$ $CUC = 94.99 \%$ (Según Tabla: Excelente).

Promedio de descarga de los emisores 0.98 l/h a una P=0.55 bar.

Promedio de promedios de la descarga de los emisores de 1.03 l/h para la cinta AQUA TRAXX a 0.55 bar (Presión baja).

Promedio de Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) de 93.85 % para la Cinta AQUA TRAXX a 0.70 bar (Presión alta).

Resumen para la Cinta AQUA TRAXX

Repetición	Presión *	CUC	Valor	Descarga emisor
1	0.55 bar	91.99%	Excelente	1.05 l/h
2	0.55 bar	94.58%	Excelente	1.02 l/h
3	0.55 bar	94.99%	Excelente	0.98 l/h
Promedio		93.85%		1.03 l/h

*Según Catálogo Cintas Aqua Traxx

Resumen general Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) a presión baja de trabajo

Repetición (R)	T1 Rodrip	T2 Netafim	T3 Aqua Traxx
R1	90.94%	91.98%	91.99%
R2	90.27%	93.31%	94.58%
R3	90.25%	92.63%	94.99%
Promedio	90.49%	92.64%	93.85%

En el Anexo 05, se muestra los resultados de los Coeficientes de Uniformidad (CUC) para las tres líneas de riego funcionando con Presión baja (RODRIP 0.30 bar, NETAFIM 0.65 bar y AQUA TRAXX 0.55 bar).

En el Cuadro 27 se presenta el Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión baja de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que hay diferencias significativas en las cintas de riego.

El Coeficiente de Variabilidad (CV.) es de 1.13 % que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

CUADRO 27. Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) para la presión baja de trabajo en las tres cintas de riego en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha= 0.05$
Tratamientos	2	17.4453	8.7227	8.05 *	6.94
Bloques	2	2.1484	1.0742	0.99 ns.	6.94
Error	4	4.3359	1.0839		
Total	8	23.9297			

C.V. = 1.13 %

En el Cuadro 28 se muestra la Prueba de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) para la presión baja de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que existe significación en las tres cintas, sobresaliendo la cinta AQUA TRAXX con un Coeficiente de Uniformidad para caudales (CUc) de 93.85 %.

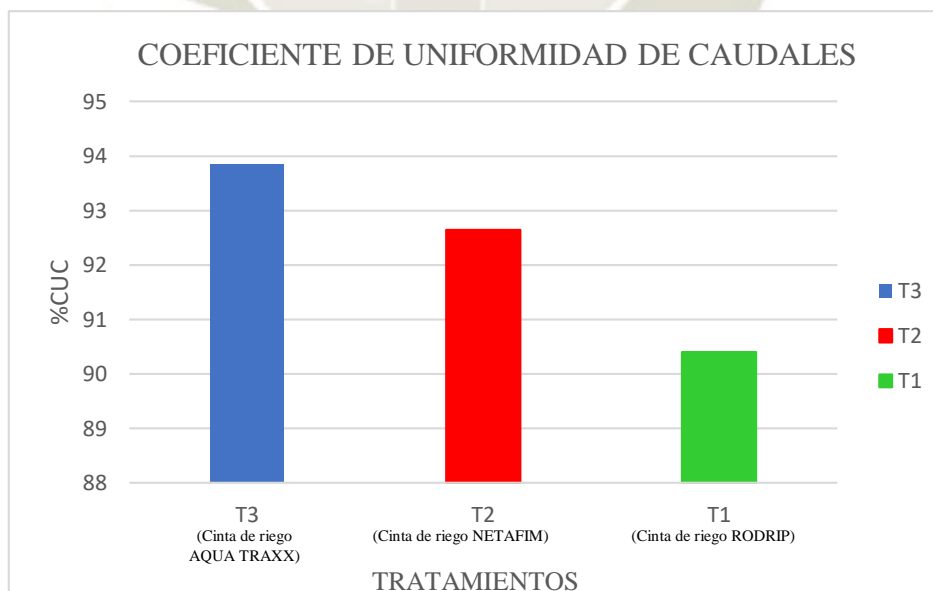
En el Gráfico 02 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 28. Prueba de Rango Múltiple de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión baja de trabajo en las tres cintas de riego en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

Orden	Tratamientos	C.U.C. %	Significación a=0.05
1	T3 (Cinta de riego AQUA TRAXX)	93.85 %	a
2	T2 (Cinta de riego NETAFIM)	92.64 %	b
3	T1 (Cinta de riego RODRIP)	90.49 %	c

Nota: Letras iguales indican que no existe significación estadística.

GRAFICO 02. Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión baja de trabajo en las tres cintas de riego



4.3. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES (CUp) A PRESION ALTA DE TRABAJO

4.3.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión: 0.55 bar) (Presión alta)

En el Cuadro 29 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 1 para la cinta RODRIP, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 93.06 %.

CUADRO 29. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 1

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.55	0.55	0.55	0.55
1/3 lateral	0.53	0.54	0.53	0.54
2/3 lateral	0.51	0.50	0.50	0.52
Ultimo lateral	0.48	0.49	0.47	0.49

$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100$ $CUp = 93.06\%$ Funcionamiento: Excelente

Promedio de descarga de los emisores 0.52 l/h a una P=0.55 bar.

En el Cuadro 30 se muestra las descargas de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 2 para la cinta RODRIP, para la presión alta de operación (Presión alta) que, según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 92.66 %

CUADRO 30. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 2

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.55	0.55	0.55	0.55
1/3 lateral	0.53	0.52	0.54	0.53
2/3 lateral	0.51	0.50	0.52	0.51
Ultimo lateral	0.49	0.48	0.47	0.48

$$CU_p = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CU_p = 92.66 \% \quad \text{Funcionamiento: Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.52 l/h a una P=0.55 bar.

En el Cuadro 31 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 3 para la cinta RODRIP, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 93.31 %

CUADRO 31. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 3

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Último emisor p (bar)
Lateral inicial	0.55	0.55	0.55	0.55
1/3 lateral	0.54	0.54	0.53	0.54
2/3 lateral	0.51	0.52	0.51	0.52
Último lateral	0.48	0.49	0.50	0.48

$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100$ $Cup = 93.31\%$ Funcionamiento : Excelente

Promedio de descarga de los emisores 0.52 l/h a una P=0.70 bar.

El promedio del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) para la Cinta RODRIP, funcionando a presión alta (0.55 bar) es de 93.01 %.

Resumen para la Cinta RO DRIP

Repetición	Presión *	Cup	Valor	Descarga emisor
1	0.55 bar	93.06%	Excelente	0.52 l/h
2	0.55 bar	92.66%	Excelente	0.52 l/h
3	0.55 bar	93.31%	Excelente	0.52 l/h
Promedio		93.01%		0.52 l/h

*Según Catálogo Cintas Ro drip

4.3.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión 0.80 bar) (Presión alta)

En el Cuadro 32 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 1 para la cinta NETAFIM, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 94.02 %

CUADRO 32. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.80	0.80	0.80	0.80
1/3 lateral	0.77	0.76	0.77	0.76
2/3 lateral	0.75	0.75	0.73	0.73
Ultimo lateral	0.73	0.71	0.70	0.69

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CUp = 94.02 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.75 l/h a una P=0.80 bar.

En el Cuadro 33 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 2 para la cinta NETAFIM, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 93.82 %.

CUADRO 33. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Último emisor p (bar)
Lateral inicial	0.80	0.80	0.80	0.80
1/3 lateral	0.78	0.77	0.77	0.78
2/3 lateral	0.76	0,75	0.75	0.75
Último lateral	0.73	0.71	0.70	0.71

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CUp = 93.82 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.76 l/h a una P=0.55 bar.

En el Cuadro 34 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 3 para la cinta NETAFIM, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 92.96 %.

CUADRO 34. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Último emisor p (bar)
Lateral inicial	0.80	0.80	0.80	0.80
1/3 lateral	0.76	0.78	0.77	0.77
2/3 lateral	0.71	0.75	0.75	0.74
Ultimo lateral	0.70	0.71	0.71	0.69

$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100$ $Cup = 92.96\%$ Funcionamiento : Excelente

Promedio de descarga de los emisores 0.75 l/h a una P=0.70 bar.

El promedio del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) para la Cinta NETAFIM, funcionando a presión alta (0.80 bar) es de 93.60 %.

El promedio de promedios de la descarga de emisores es 0.75 l/h

Resumen para la Cinta Netafim

Repetición	Presión *	Cup	Valor	Descarga emisor
1	0.80 bar	94.02%	Excelente	0.75 l/h
2	0.80 bar	93.82%	Excelente	0.76 l/h
3	0.80 bar	92.96%	Excelente	0.75 l/h
Promedio		93.60%		0.75 l/h

*Según Catálogo Cintas Netafim

4.3.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión 0.70 bar) (Presión alta)

En el Cuadro 35 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 1 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión alta de operación (Presión alta), que, según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 94.90 %.

CUADRO 35. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3p(bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.70	0.70	0.70	0.70
1/3 lateral	0.68	0.69	0.67	0.68
2/3 lateral	0.66	0.65	0.65	0.66
Ultimo lateral	0.64	0.62	0.64	0.63

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CUp = 94.90 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.67 l/h a una P=0.70 bar.

En el Cuadro 36 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 2 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 92.60 %.

CUADRO 36. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 2

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.70	0.70	0.70	0.70
1/3 lateral	0.68	0.69	0.68	0.67
2/3 lateral	0.66	0.65	0.66	0.65
Ultimo lateral	0.62	0.60	0.62	0.61

$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100$ $Cup = 92.60 \%$ Funcionamiento : Excelente

Promedio de descarga de los emisores 0.66 l/h a una P=0.70 bar.

En el Cuadro 37 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 3 para la cinta AQUA TRAXX, para la presión alta de operación (Presión alta), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 95.33 %.

CUADRO 37. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión alta) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICION 3

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.70	0.70	0.70	0.70
1/3 lateral	0.68	0.67	0.68	0.67
2/3 lateral	0.65	0.64	0.65	0.65
Ultimo lateral	0.64	0.63	0.62	0.64

$$CU_p = \left[\frac{p_{25\%}}{p_m} \right]^x \times 100 \quad CU_p = 95.33 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.66 l/h a una P=0.70 bar.

El promedio del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CU_p) para la Cinta Aqua Traxx, funcionando a presión alta (0.70 bar) es de 94.28 %.

Promedio de promedios de la descarga de emisores es 0.66 l/h

Resumen para la Cinta Aqua Traxx

Repetición	Presión *	Cup	Valor	Descarga emisor
1	0.70 bar	94.90%	Excelente	0.67 l/h
2	0.70 bar	92.60%	Excelente	0.66 l/h
3	0.70 bar	95.33%	Excelente	0.66 l/h
Promedio		94.28%		0.66 l/h

*Según Catálogo Cintas Aqua Traxx

Resumen general Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUP) a presión alta de trabajo

Repetición (R)	T1 Rodrip	T2 Netafim	T3 Aqua Traxx
R1	93.06%	94.02%	94.90%
R2	92.66%	93.82%	92.60%
R3	93.31%	92.96%	95.33%
Promedio	93.01%	93.60%	94.28%

En el Anexo 06, se muestra los resultados de los Coeficientes de Uniformidad (CUc) para las tres líneas de riego funcionando con Presión alta (RODRIP 0.55 bar, NETAFIM 0.80 bar y AQUA TRAXX 0.70 bar).

En el Cuadro 38 se presenta el Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que no hay diferencias significativas en las cintas de riego.

El Coeficiente de Variabilidad (CV.) es de 1.29 % que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

CUADRO 38. Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para una Presión alta de trabajo en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft a= 0.05
Tratamientos	2	2.3984	1.1992	1.36 ns.	6.94
Bloques	2	1.6406	0.8203	0.93 ns.	6.94
Error	4	3.5234	0.8809		
Total	8	7.5625			

C.V. = 1.00 %

En el Cuadro 39 se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que no existe significación en las tres cintas.

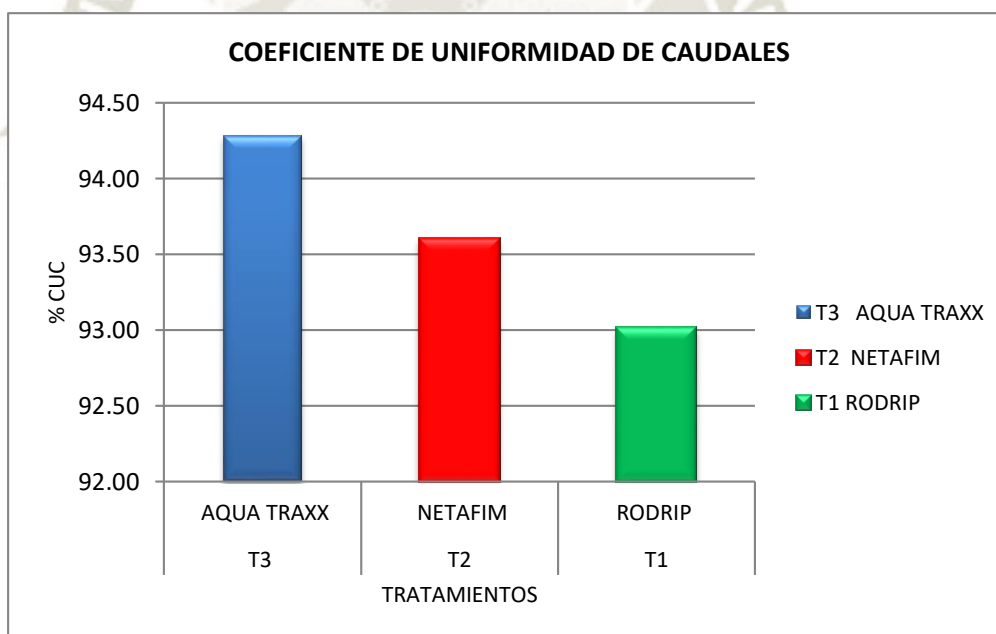
En el Gráfico 03 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 39. Prueba de Rango Múltiple de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para Presión alta de trabajo en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

Orden	Tratamientos	C.U.p. %	Significación a=0.05
1	T3 (Cinta AQUA TRAXX)	94.28	a
2	T2 (Cinta NETAFIM)	93.60	a
3	T1 (Cinta RODRIP)	93.01	a

Nota: Letras iguales indican que no existe significación estadística

GRAFICO 03. Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para la presión alta de trabajo en las tres cintas de riego



4.4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIÓN (CUp) A PRESIÓN BAJA DE TRABAJO

4.4.1. CINTAS DE RIEGO RO-DRIP (Presión 0.30 bar) (Presión baja)

En el Cuadro 40 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 1 para la cinta Ro-drip, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 92.06 %

CUADRO 40. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.30	0.30	0.30	0.30
1/3 lateral	0.28	0.29	0.28	0.29
2/3 lateral	0.27	0.27	0.26	0.27
Ultimo lateral	0.26	0.25	0.25	0.26

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CUp = 92.06 \% \quad \text{Funcionamiento: Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.28 l/h a una P=0.30 bar.

En el Cuadro 41 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 2 para la cinta RODRIP, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 93.93 %.

CUADRO 41. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.30	0.30	0.30	0.30
1/3 lateral	0.29	0.28	0.29	0.28
2/3 lateral	0.27	0.27	0.28	0.27
Ultimo lateral	0.26	0.26	0.27	0.26

$$CU_p = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CU_p = 93.93 \% \quad \text{Funcionamiento: Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.25 l/h a una P=0.30 bar.

En el Cuadro 42 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CU_p) en la Repetición 3 para la cinta Ro-drip, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 90.58 %.

CUADRO 42. Descarga de los emisores en la cinta RO-DRIP (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Último emisor p (bar)
Lateral inicial	0.30	0.30	0.30	0.30
1/3 lateral	0.29	0.28	0.28	0.29
2/3 lateral	0.28	0.27	0.26	0.27
Último lateral	0.27	0.26	0.25	0.26

$$CU_p = \left[\frac{p_{25\%}}{p_m} \right]^x \times 100 \quad CU_p = 90.58 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.28 l/h a una P=0.300 bar.

El promedio del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CU_p) para la cinta Ro-drip, funcionando a presión baja (0.30 bar) es de 92.19 %.

El promedio de promedio de la descarga de emisores es de 0.27 l/h.

Resumen para la Cinta Ro-drip

Repetición	Presión *	Cup	Valor	Descarga emisor
1	0.30 bar	92.06%	Excelente	0.28 l/h
2	0.30 bar	93.93%	Excelente	0.25 l/h
3	0.30 bar	90.58%	Excelente	0.28 l/h
Promedio		92.19%		0.27 l/h

*Según Catálogo Cintas Rodrip

4.3.2. CINTAS DE RIEGO NETAFIM (Presión baja) (0.65 bar)

En el Cuadro 43 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 1 para la cinta NETAFIM, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 95.18 %

CUADRO 43. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.65	0.65	0.65	0.65
1/3 lateral	0.63	0.64	0.63	0.64
2/3 lateral	0.61	0.62	0.61	0.62
Ultimo lateral	0.59	0.60	0.59	0.59

$CUp = [p_{25\%} / p_m]^1 \times 100$ Cup = 95.18 % Funcionamiento: Excelente

Promedio de descarga de los emisores 0.62 l/h a una P=0.30 bar.

En el Cuadro 44 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 2 para la cinta Netafim, para la presión baja de operación (Presión baja), que, según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 94.51 %.

CUADRO 44. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.65	0.65	0.65	0.65
1/3 lateral	0.64	0.63	0.64	0.63
2/3 lateral	0.61	0.60	0.61	0.61
Ultimo lateral	0.58	0.57	0.59	0.60

$$CU_p = [p_{25\%} / p_m]^x \times 100 \quad CU_p = 94.51 \% \quad \text{Funcionamiento: Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.62 l/h a una P=0.30 bar.

En el Cuadro 45 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CU_p) en la Repetición 3 para la cinta Netafim, para la presión baja de operación (Presión baja), que, según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 92.53 %.

CUADRO 45. Descarga de los emisores en la cinta NETAFIM (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Último emisor p (bar)
Lateral inicial	0.65	0.65	0.65	0.65
1/3 lateral	0.63	0.64	0.63	0.64
2/3 lateral	0.61	0.61	0.61	0.60
Ultimo lateral	0.58	0.57	0.56	0.57

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^{1/2} \times 100 \quad CUp = 92.53 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.62 l/h a una P=0.30 bar.

El promedio del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) para la cinta Netafim, funcionando a presión baja (0.65 bar) es de 94.07 %.

El Promedio de promedios de descarga de los emisores 0.62 l/h a una P=0.30 bar.

Resumen para la Cinta Netafim

Repetición	Presión *	Cup	Valor	Descarga emisor
1	0.65 bar	95.18%	Excelente	0.62 l/h
2	0.65 bar	94.51%	Excelente	0.62 l/h
3	0.65 bar	92.53%	Excelente	0.62 l/h
Promedio		94.07%		0.62 l/h

*Según Catálogo Cintas Netafim

4.3.3. CINTAS DE RIEGO AQUA TRAXX (Presión: 0.55 bar) (Presión baja)

En el Cuadro 46 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 1 para la cinta Aqua Traxx, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 96.15 %.

CUADRO 46. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 1 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 1

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.55	0.55	0.55	0.55
1/3 lateral	0.54	0.53	0.54	0.53
2/3 lateral	0.52	0.52	0.53	0.52
Ultimo lateral	0.50	0.51	0.49	0.50

$$CUp = [p_{25\%} / p_m]^{1/2} \times 100 \quad CUp = 96.15 \% \quad \text{Funcionamiento: Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.53 l/h a una P=0.55 bar.

En el Cuadro 47 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 2 para la cinta Aqua Traxx, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 94.65 %.

CUADRO 47. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 2 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 2

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.55	0.55	0.55	0.55
1/3 lateral	0.53	0.54	0.53	0.54
2/3 lateral	0.50	0.51	0.52	0.52
Ultimo lateral	0.49	0.50	0.49	0.50

$$CU_p = \left[\frac{p_{25\%}}{p_m} \right]^x \times 100 \quad CU_p = 94.65 \% \quad \text{Funcionamiento: Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.55 l/h a una P=0.55 bar.

En el Cuadro 48 se muestra las presiones de los emisores en la determinación del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en la Repetición 3 para la cinta Aqua Traxx, para la presión baja de operación (Presión baja), que según los Valores del Coeficiente de Uniformidad de Caudales, el funcionamiento es excelente con 93.87 %.

CUADRO 48. Descarga de los emisores en la cinta AQUA TRAXX (Presión baja) en la Repetición 3 en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

REPETICIÓN 3

Posición del lateral	Primer emisor p (bar)	Emisor 1/3 p (bar)	Emisor 2/3 p (bar)	Ultimo emisor p (bar)
Lateral inicial	0.55	0.55	0.55	0.55
1/3 lateral	0.53	0.54	0.53	0.53
2/3 lateral	0.51	0.52	0.52	0.51
Ultimo lateral	0.48	0.51	0.49	0.48

$$CUp = \left[\frac{p_{25\%}}{p_m} \right]^x \times 100 \quad CUp = 93.87 \% \quad \text{Funcionamiento : Excelente}$$

Promedio de descarga de los emisores 0.52 l/h a una P=0.55 bar.

El promedio del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) para la cinta Aqua Traxx, funcionando a presión baja (0.55 bar) es de 94.89 %.

El Promedio de promedios de descarga de los emisores 0.52 l/h a una P=55 bar.

Resumen para la Cinta Aqua traxx

Repetición	Presión *	Cup	Valor	Descarga emisor
1	.55 bar	96.15%	Excelente	0.53 l/h
2	0.55 bar	94.65%	Excelente	0.52 l/h
3	0.55 bar	93.87%	Excelente	0.52 l/h
Promedio		94.89%		0.22 l/h

*Según Catálogo Cintas Aqua Traxx

**Resumen general Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUP) a presión
baja de trabajo**

Repetición (R)	T1 Rodrip	T2 Netafim	T3 Aqua Traxx
R1	92.06%	95.18%	96.15%
R2	93.93%	94.51%	94.65%
R3	90.58%	92.53%	93.87%
Promedio	92.19%	94.07%	94.89%

En el Anexo 07, se muestra los resultados del Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para las tres líneas de riego funcionando con Presión baja (RO-DRIP 0.30 bar, NETAFIM 0.65 bar y AQUA TRAXX 0.55 bar).

En el Cuadro 49 se presenta el Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para la presión baja de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que no hay diferencias significativas en las cintas de riego.

El Coeficiente de Variabilidad (CV.) es de 0.99 % que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

CUADRO 49. Análisis de Varianza (ANVA) para el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para Presión baja de trabajo en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha= 0.05$
Tratamientos	2	11.7500	5.8750	6.84 ns.	6.94
Bloques	2	8.9453	4.4727	5.20 ns	6.94
Error	4	3.4375	0.8594		
Total	8	24.1328			

C.V. = 0.99%

En el Cuadro 50 se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) para Presión baja de trabajo en las tres cintas de riego, donde se observa que no existe significación en las cintas de riego.

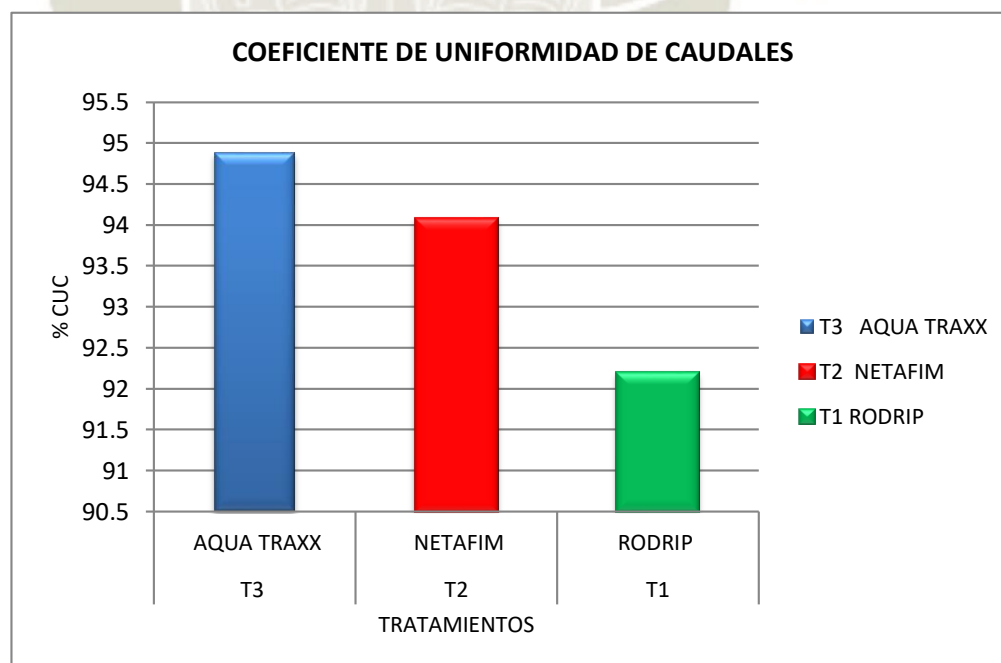
En el Gráfico 04 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 50. Prueba de Rango Múltiple de Tukey para el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para Presión baja de trabajo en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo “La Banda” (Huasacache). Hunter. Arequipa.

Orden	Tratamientos	C.U.p. %	Significación a=0.05
1	T3 (Cinta AQUA TRAXX)	94.88	a
2	T2 (Cinta NETAFIM)	94.07	a
3	T1 (Cinta RODRIP)	92.19	a

Nota: Letras iguales indican que no existe significación estadística

GRAFICO 04. Coeficiente de Uniformidad de Caudales



CAPITULO V

DISCUSIÓN

- El Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) para la cinta Ro-drip cuando trabaja a una presión alta (0.55 bar) es de 92.74 %, que es considerada como excelente, (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUC) para la cinta Netafim cuando trabaja a una presión alta (0.80 bar) es de 94.80 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) para la cinta Aqua Traxx cuando trabaja a una presión alta (0.70 bar) es de 95.39 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- Se puede analizar que no hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUC) con presiones altas de trabajo, para las tres cintas de Riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 92.74 %, 94.80 % y 95.39 %, respectivamente, que según Villavicencio y Villablanca (2011) y el Proyecto SEPOR (2015) son considerados como Excelente.
- El Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUC) para la cinta Ro-drip cuando trabaja a una presión baja (0.30 bar) es de 90.49 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUC) para la cinta Netafim cuando trabaja a una presión baja (0.65 bar) es de 92.64 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUC) para la Cinta Aqua Traxx cuando trabaja a una presión baja (0.55 bar) es de 93.85 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- Se puede señalar que hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUC) para las tres cintas de Riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 90.49 %, 92.64 % y 93.85 %, respectivamente, destacando la cinta Aqua Traxx, estadísticamente

diferente a los demás con 93.85 %, que según Villavicencio y Villablanca (2011) y el Proyecto SEPOR (2015) son considerados como Excelentes.

- Analizando el Coeficiente de Uniformidad de Caudales o Descargas (CU_c), Sneh, (2004), ha señalado que la Uniformidad de descarga es función del Coeficiente de Variación de fábrica (CV_f), de la descarga mínima de los goteros, a la presión mínima dentro del sector de riego (Q_{min}) y de la descarga máxima de los goteros, a la presión máxima dentro del sector de riego (Q_n).
- La uniformidad de descarga de los goteros disminuye a lo largo del tiempo debido a la obturación parcial de los conductos; la deformación de los goteros y de las membranas del mecanismo de compensación por daños mecánicos a los laterales de riego, (Sneh, 2004).
- Garcia y Briones, (1997), indican que varios son los factores que afectan la tasa de descarga en los emisores, los cuales pueden causar una considerable variación en la descarga. Dos factores parecen ser que tienen el más grande efecto y son las características del emisor y la variabilidad de fabricación en los mismos y el otro factor es la distribución de la presión a través de la red de tuberías causadas por las pérdidas de presión por fricción y las pérdidas (o ganancias) causadas por las diferencias topográficas.
- Pizarro, (1996), manifiesta que una baja uniformidad puede ser debida a muchas causas, que a efectos de la evaluación se pueden agrupar en dos clases: Causas hidráulicas, que son las que afectan a la presión de funcionamiento de los emisores y pueden consistir en un diseño inadecuado, falta de reguladores de presión, desajustes de los mismos, etc. y a una baja uniformidad de los emisores, debido a obturaciones o a un inadecuado CV_f (Coeficiente de variación de fabricación).
- Merriam y Keller (1978), mencionados por Pizarro (1996), indican que para determinar la uniformidad de riego de una instalación, se comienza por seleccionar un número determinado de plantas y recomiendan el número de 16 plantas; para ello se elige la subunidad a estudiar y en ella se seleccionan cuatro laterales, el primero, el situado a $1/3$ del origen, el situado a $2/3$ y el último. En cada lateral se seleccionan cuatro plantas con el mismo criterio (primera, $1/3$, $2/3$ y última) y se mide el caudal total que recibe cada planta, es decir, el suministrado por todos los emisores que abastecen a cada planta en cuestión. Como medida de la uniformidad del riego, se utiliza el Coeficiente de Uniformidad: $CU = q_{25} / q_a$, donde q_a , es el caudal medio recibido por las 16 plantas y q_{25} el caudal medio

recibido por las cuatro plantas (el 25%) que reciban menos caudal. Indican además que este CU debe medirse en la instalación nueva y una vez cada año y que una baja uniformidad puede ser debido a causas hidráulicas y baja uniformidad de los emisores.

- El Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para la cinta Ro-drip cuando trabaja a una presión alta (0.55 bar) es de 93.01 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de Presión (Cup) para la cinta Netafim cuando trabaja a una presión alta (0.80 bar) es de 93.60 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de Presión (Cup) para la cinta Aqua Traxx cuando trabaja a una presión alta (0.70 bar) es de 94.28 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- Se puede analizar que no hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para las tres cintas de Riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 93.01%, 93.60 % y 94,28%, respectivamente, que según Villavicencio y Villablanca (2011) y el Proyecto SEPOR (2015) son considerados como Excelente.
- El Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para la cinta Ro-drip cuando trabaja a una presión baja (0.30 bar) es de 92.19 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para la cinta Netafim cuando trabaja a una presión baja (0.65 bar) es de 94.07 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- El Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para la cinta Aqua Traxx cuando trabaja a una presión baja (0.55 bar) es de 94.88 %, que es considerada como excelente. (Proyecto SEPOR, 2015; Villavicencio y Villablanca, 2011). Cuadro 5.
- Se puede observar que no hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para las tres cintas de riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 92.19 %, 94.07 % y 94.88 %, respectivamente, que según Villavicencio y Villablanca (2011) y el Proyecto SEPOR (2015) son considerados como Excelente.

Analizando el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp), con presión de trabajo alta y baja, se puede señalar que en ambos casos el resultado ha sido Excelente, y esto es debido a que el diseño hidráulico ha sido simple para el área donde se efectuó la investigación, donde la longitud de las cintas de riego no sobrepasan los 30 m de longitud y son nuevas, al respecto Sneh (2004), ha señalado que la uniformidad de descarga es función del Coeficiente de Variación de fábrica (CV_f), de la descarga mínima de los goteros, a la presión mínima dentro del sector de riego (Q_{min}) y de la descarga máxima de los goteros, a la presión máxima dentro del sector de riego (Q_n).

Tal como lo han manifestado García y Briones (1997), son varios los factores que afectan la tasa de descarga de los emisores, los cuales pueden causar una considerable variación en la descarga y por tanto afectar la uniformidad de descarga y estos factores son las características del emisor y la variabilidad de la fabricación de estos emisores. El otro factor es la distribución de la presión en la red de tuberías, donde existe pérdidas de presión por fricción en las tuberías y pérdidas o ganancia de presión debido al desnivel topográfico, que, en este caso, la pendiente del terreno es casi plano y no supera el 0.5% de desnivel.

Rodrigo, et. al. (1997), mencionan que la uniformidad de riego en una instalación dependerá de:

- Las diferencias de presión que se producen en la red, debido a las pérdidas de carga y a la topografía del terreno.
- La falta de uniformidad de fabricación de los emisores.
- El número de ellos de los que recibe agua cada planta.
- La respuesta del emisor a la temperatura y presión del agua
- La variación de las características del emisor con su uso por las posibles obturaciones y/o envejecimiento
- Las variaciones en el espacio y en el tiempo de la temperatura del agua.
- El efecto del viento cuando se usen difusores o mini aspersores.
- La variación de fabricación de los reguladores de presión, cuando los haya.
- El grado en que cada uno de estos factores puede afectar a la uniformidad de riego ha sido establecido por Solomon (1985), mencionado por Rodrigo, et. al. (1997), en orden de mayor a menor importancia en obturaciones.
- Número de emisores de los que recibe agua cada planta.

- Coeficiente de variación de fabricación del emisor.
- Exponente de descarga del emisor.
- Sensibilidad del emisor a la temperatura.

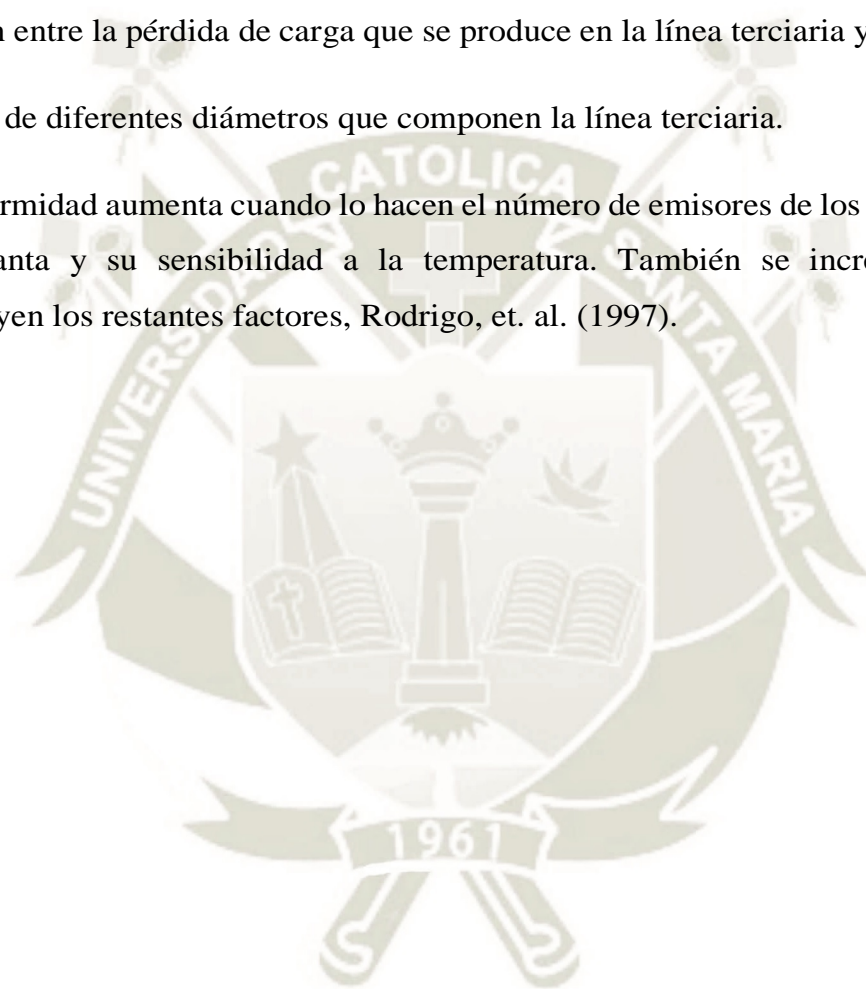
Variaciones de presiones.

Coeficiente de variación de fabricación de los reguladores de presión.

Relación entre la pérdida de carga que se produce en la línea terciaria y la línea lateral.

Número de diferentes diámetros que componen la línea terciaria.

La uniformidad aumenta cuando lo hacen el número de emisores de los que recibe agua cada planta y su sensibilidad a la temperatura. También se incrementa cuando disminuyen los restantes factores, Rodrigo, et. al. (1997).

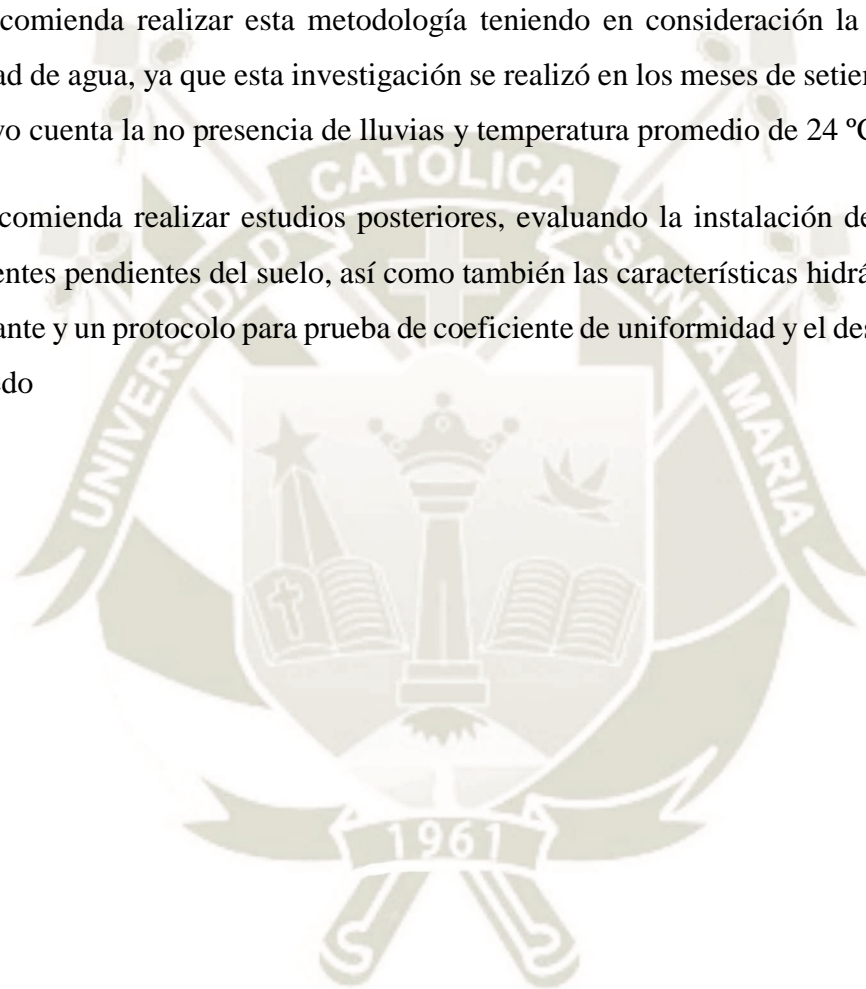


CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

- a) Se puede analizar que no hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUc) con presiones altas de trabajo, para las tres cintas de riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 92.74 %, 94.80 % y 95.39 %, que son considerados como Excelentes.
- b) Con presiones bajas de trabajo, se puede señalar que hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de caudal (CUc) para las tres cintas de riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 90.49 %, 92.64 % y 93.85 %, respectivamente, destacando la cinta Aqua Traxx, estadísticamente diferente a los demás con 93.85 %; son considerados como Excelentes.
- c) No hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) con presiones altas de trabajo para las tres cintas de riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 93.01%, 93.60 % y 94,28%, respectivamente, son considerados como excelente.
- d) Con presiones bajas de trabajo, se puede observar que no hay diferencias significativas en el Coeficiente de Uniformidad de Presión (CUp) para las tres cintas de riego (Ro-drip, Netafim y Aqua Traxx) con 92.19 %, 94.07 % y 94.88 %, respectivamente, son considerados como excelente.

CAPÍTULO VII RECOMENDACIONES

- a) Aplicar la metodología seguida en este trabajo, en campos donde emplean el sistema de riego por goteo, empleando las cintas de riego.
- b) Se recomienda realizar esta metodología teniendo en consideración la época del año y calidad de agua, ya que esta investigación se realizó en los meses de setiembre y diciembre se tuvo cuenta la no presencia de lluvias y temperatura promedio de 24 °C.
- c) Se recomienda realizar estudios posteriores, evaluando la instalación de la cinta riego a diferentes pendientes del suelo, así como también las características hidráulicas de la cinta exudante y un protocolo para prueba de coeficiente de uniformidad y el desarrollo del bulbo húmedo



CAPÍTULO VIII BIBLIOGRAFÍA

1. **AMANCO**, 2015. Sistema de Tuberías HDPE. AMANCO del PERÚ S.A. Lima.
2. **ANA**, 2014. Normas Técnicas de Riego Tecnificado. Cabezal de Control de Riego. Comité Técnico de Normalización de Riego Tecnificado. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Lima
3. **AQUA TRAXX**, 2017. Tuberías Aqua traxx. Revisado el 10 de octubre del 2017 disponible en www.Toromicroirrigation.com. The Toro Company. El Cajón. USA.
4. **ARMONI, S.**, 1984. El Riego por Goteo. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. CINADCO. Ministerio de Agricultura. Israel. 48 p.
5. **CORTES, H.** 2011. Diseños experimentales. Conceptos básicos. Universidad Nacional San Antonio de Abad, Cuzco.
6. **CUN, R., PUIG, O., MORALES, S. y DUARTE, C.** 2010. Evaluación de la Uniformidad del Riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. La Habana. Cuba. 50 p.
7. **CRESPI, R. Y RIVETTI, A.** 2000. Riego por Goteo. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Córdoba. Argentina. 215 p.
8. **DIVALCO S.A.C.** 2015. Válvulas y Conexiones en acero inoxidable y fierro. Lima 12p.
9. **FAO**, 1974. Riego por goteo. Comisión Europea de Agricultura. Grupo de trabajo sobre Recursos hídricos y Riego. Bucarest, Rumania. FAO, Roma. 140 p.
10. **FONTELLA, C.**, 2010. Desempeño del Riego por Goteo en Mendoza (Argentina). Argentina. 43 p.
11. **GARCÍA, I. y BRIONES G.**, 1997. Sistemas de Riego por aspersión y goteo. Editorial Trillas. México. 258 p.
12. **GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA.** 2005 Autoridad Autónoma de Majes (AUTODEMA). Boletín Técnico. Programación de Riegos. Arequipa. 37 p.

13. **GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA.** 2005 Autoridad Autónoma de Majes (AUTODEMA). Boletín Técnico. Manual Riego por Goteo. Arequipa. 47 p.
14. **GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA.** 2015 Autoridad Autónoma de Majes (AUTODEMA). Boletín Técnico. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Riego por Goteo Manual Riego por Goteo. Arequipa. 23 p.
15. **KELLER, J.** 1978. Trickle irrigation. SCS. Engineering Handbook. California. USA.
16. **LIOTA, M.** 2000. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en Equipos de Riego Presurizado. San Juan. Argentina.
17. **LOBOA, J., RAMÍREZ, S. y DÍAZ, J.,** 2011. Evaluación del coeficiente de uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en capas. Revista EIA, ISSN 1794-1237. Número 16, p. 29-41. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín. Colombia.
18. **MAYIM AQP.** 2015. Riego Tecnificado, revisado el 15 de noviembre del 2018 disponible en mayim.aqp@gmail.com Arequipa.
19. **MEDINA SAN JUAN, J.** 1993. Riego por goteo. Teoría y Práctica. Ediciones Mundi Prensa. España. 261 p.
20. **MINISTERIO DE AGRICULTURA.** 2008. Programa Sub Sectorial de Irrigaciones (PSI). Programa de Extensión en Riego y Asistencia Técnica (PERAT). Manual de Riego por goteo. Arequipa.
21. **MOYA, J.,** 1998. Riego Localizado y fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. México.
22. **NAANDANJAIN. Perú.** 2016. Chapin-Cinta de goteo. Flujo turbulento en pared delgada. Lima. Revisado el 15 de noviembre del 2018 disponible en www.naandanjain.com
23. **NETAFIM,** 2017. Datos técnicos de las tuberías de goteo. revisado el 16 de noviembre del 2018 disponible en www.netafim-latinoamerica.com.
24. **NICOLL ETERPLAST** 1988. Manual de instalación de tubería y accesorios de PVC presión. Elaborado por Nicoll Eterplast S.A. Gerencia Comercial. Lima

25. **ORBES AGRICOLA**, 2015. Riego por goteo y aspersión. Automatización. Filtrado. Válvulas. Lima. revisado el 13 de noviembre del 2018 disponible en www.orbesagricolasac.com
26. **OSORIO, A.**, 1994. Curso de Diseño, evaluación y manejo de sistemas de Riego por Goteo. Convenio INTA-INIA. EEA San Juan. Argentina.
27. **PAVCO**, 2008. Tuberías y Conexiones de PVC. Sistema completo y conexiones de PVC-U para agua potable a Presión. Lima
28. **PINTO, J.**, 1997. Curso de Riego y Drenaje. Programa Profesional de Ingeniería Agronómica. Universidad Católica de “Santa María”. Arequipa. 45 p.
29. **PIZARRO, F.** 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, micro aspersión, exudación. Ediciones Mundi Prensa. España. 512 p.
30. **PROYECTO SEPOR**, 2015. Evaluación de la Uniformidad de riego en una instalación de Riego por Goteo. Servicio de Programación y Optimización del Uso de Agua de Riego. SEPOR. Boletín Informativo. Gobierno de Chile. revisado el 17 de noviembre del 2018 disponible en www.sepor.cl.
31. **PSI**. 2003. El Riego por Goteo en el Perú. Proyecto Subsectorial de Irrigaciones. Programa de Extensión en Riego y Asistencia Técnica. Lima. 68 p.
32. **PSI**. 2014. Medidores de agua para riego. Normas Técnicas de Riego Tecnificado. Comité Técnico de Normalización de Riego Tecnificado. Programa Subsectorial de Irrigacionesa (PSI). Lima.24 p.
33. **RAZURI, L.** 1988. Diseño de riego por goteo. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. CIDIAT. Serie Riego y Drenaje. Mérida, Venezuela.
34. **RODRIGO, J., HERNANDEZ, J., PEREZ, A. Y GONZALEZ, J.** 1997. Riego localizado. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. España. 405 p.
35. **RO-DRIP**, 2017. Cintas de riego por goteo. revisado el 1 de noviembre del 2018 disponible en www.jhondeerewater.

36. **SANKING**, 2016. Válvula de bola. Válvulas y conexiones de PVC
37. **SISTEMAS DE RIEGO INGENIEROS S.R.L** 2015. Cinta de Goteo Ro-drip. revisado el 16 de noviembre del 2016 disponible en E-mail:sisrieg@terra.com.pe.
38. **SNEH, M.** 2004. El Riego por Goteo. Ministerio de Agricultura y Desarrollo. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Estado de Israel.
39. **VILLAVICENCIO, A. y VILLABLANCA, A.,** 2011. Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Riego. Informativo INIA-URURI. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.



ANEXOS

ANEXO 01. Registros meteorológicos de la Estación Huasacache 2017.

Mes	Temperatura (°C)		Hum. Relativa (%)		Precipitación	Evaporación	Horas de Sol
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Total (mm)	(mm)	
Enero	20.0	10.5	79	46	19.3	3.6	3.0
Febrero	22.5	10.8	79	38	43.3	5.9	5.6
Marzo	24.9	6.6	78	43	58.4	5.7	6.5
Abril	24.9	5.3	75	33	0.0	5.9	9.7
Mayo	25.7	4.5	66	25	0.0	6.2	9.7
Junio	24.4	3.1	60	28	0.0	5.9	10.1
Julio	24.2	7.2	61	30	0.0	6.4	10.1
Agosto	23.2	7.7	63	31	0.3	6.3	8.7
Septiembre	23.0	9.3	69	35	0.1	6.1	8.3
Octubre	23.6	5.8	68	29	0.0	7.7	10.6
Noviembre	23.2	8.9	69	31	0.0	8.3	10.3
Diciembre	24.0	10.8	76	35	0.2	8.0	9.4

Fuente: SENAMHI. Oficina General de Estadísticas e informática

ANEXO 03. Análisis de agua. Fundo “La Banda”. Huasacache. 2017

Variables	Unidad	Cantidad
pH	U.U.	7.70
C.E.	dS/m	2.28
Cationes		
Ca	Meq/l	3.68
Mg	Meq/l	2.12
K	Meq/l	0.88
Na	Meq/l	5.18
Aniones		
CO ₃	Meq/l	1.00
HCO ₃	Meq/l	4.80
Cl	Meq/l	1.20
SO ₄	Meq/l	3.21
NO ₃		0.32
Boro	Ppm	0.26
SAR	-----	3.04

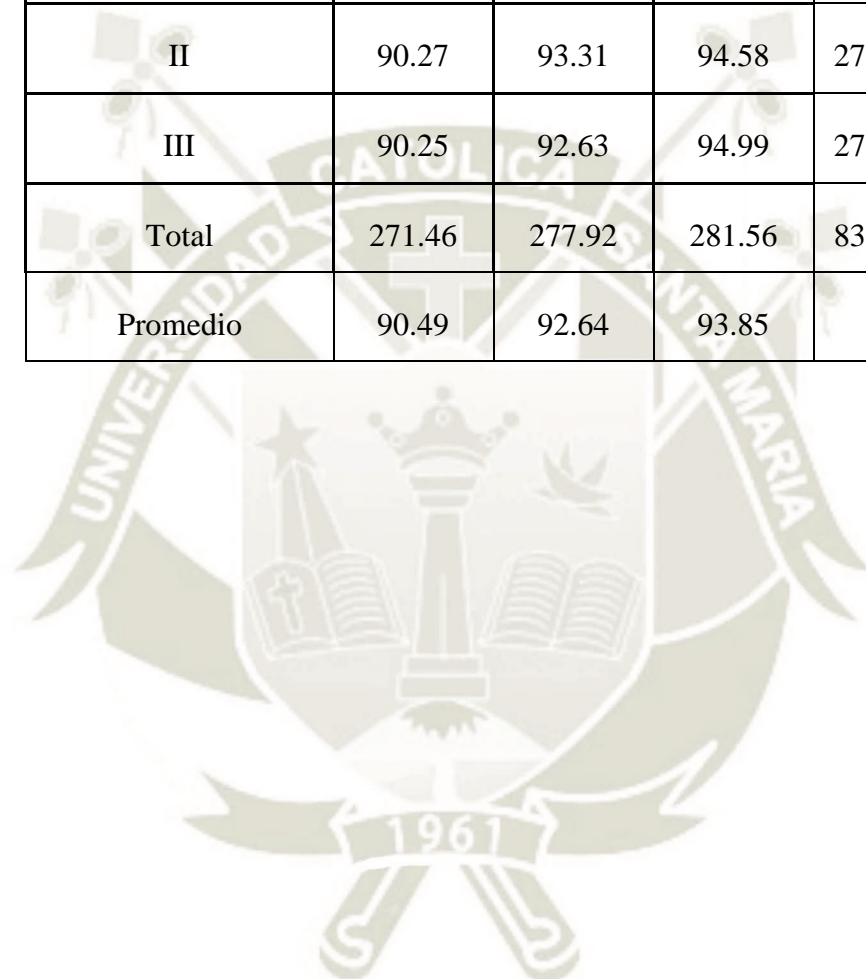
Fuente: INIA. Ministerio de Agricultura.

**ANEXO 04. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en
Cintas de Riego funcionando a Presión Alta (%)**

Blocks	Tratamientos			Total
	T1	T2	T3	
I	93.91	95.26	94.74	283.91
II	93.48	94.82	94.60	282.90
III	90.82	94.31	96.83	281.96
Total	278.21	284.39	286.17	848.77
Promedio	92.74	94.80	95.39	

**ANEXO 05. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) en
Cintas de Riego funcionando a Presión Baja (%)**

Blocks	Tratamientos			Total
	T1	T2	T3	
I	90.94	91.98	91.99	274.91
II	90.27	93.31	94.58	278.16
III	90.25	92.63	94.99	277.87
Total	271.46	277.92	281.56	830.94
Promedio	90.49	92.64	93.85	



ANEXO 06. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en Cintas de Riego funcionando a Presión Alta (%)

Blocks	Tratamientos			Total
	T1	T2	T3	
I	93.06	94.02	94.90	281.98
II	92.66	93.82	92.60	279.08
III	93.31	92.96	95.33	281.60
Total	279.03	280.80	282.83	842.66
Promedio	93.01	93.60	94.28	

ANEXO 07. Resultados del Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) en Cintas de Riego funcionando a Presión Baja (%)

Blocks	Tratamientos			Total
	T1	T2	T3	
I	92.06	95.18	96.15	283.39
II	93.93	94.51	94.65	283.09
III	90.50	92.53	98.87	276.90
Total	276.49	282.22	290.67	843.38
Promedio	92.16	94.07	94.89	

ANEXO 08. Especificaciones Cinta de riego Ro drip

Espesor de Pared	Espaciamiento entre Emisores (cm)	Tasa de Flujo (L/h cada 100 m)	Presión de Operación (bar)	
(rollos estándar de 16 mm)				
5 mil	10, 15, 20, 30	185, 250, 300, 340, 370, 500	0.55	
6 mil	10, 20, 30	185, 250, 300, 340, 500, 750	0.55	
8 mil	10, 20, 30, 41	125, 185, 250, 300, 340, 500, 750	0.55	
10 mil	20, 30, 41	185, 250, 300, 500	0.55	
(mini rollos de 16 mm)				
6 mil	10, 20, 30	300, 500, 750	0.55	
8 mil	10, 20, 30	300, 500, 750	0.55	
(19 mm)				
6 mil	20, 30	185, 300, 500	0.55	
8 mil	20, 30	185, 250, 300, 500	0.55	
10 mil	30	185	0.55	
(22 mm)				
8 mil	20, 30	185, 300, 340, 500	0.55	
10 mil	10, 20, 30	185, 250, 300, 500	0.55	
Espesor de Pared	Longitud del Rollo (m)	Peso del Rollo (kg)	Presión de Lavado (bar)	Cantidad de Rollos por paleta
(rollos estándar de 16 mm)				
5 mil	3810	33	0.83	16
6 mil	3048	32	1.04	16
8 mil	2286	30	1.04	16
10 mil	1828	31	1.38	16
(mini rollos de 16 mm)				
6 mil	600	7	1.04	63
8 mil	500	7	1.04	63
(19 mm)				
6 mil	2743	30	0.83	16
8 mil	1981	31	1.04	16
10 mil	1524	29	1.38	16
(22 mm)				
8 mil	1737	29	1.04	16
10 mil	1524	33	1.38	16

Presión de operación recomendada: 0.55 bar

ANEXO 09. Especificaciones Cinta de riego Netafim

MODELO	DIÁMETRO INTERNO (MM)	ESPESOR DE PARED (MM)	DIÁMETRO EXTERNO (MM)	MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	PRESIÓN MÁXIMA DE LAVADO (BAR)	KD
16055	16.20	0.14	16.48	0.9	1.0	0.10
16060	16.20	0.15	16.50	1.0	1.2	0.10
16080	16.20	0.20	16.60	1.2	1.4	0.10
22060	22.20	0.15	22.50	0.8	0.9	0.01
22080	22.20	0.20	22.60	1.0	1.2	0.01

MODELO	ESPESOR DE PARED (MM)	LONGITUD DEL ROLLO	DISTANCIA ENTRE GOTEROS (M)	PESO PROMEDIO* DEL ROLLO (KG)	ROLLOS POR PALET (UNIDADES)	ROLLOS EN UN CONTENEDOR DE 40 PIES (UNIDADES)	TOTAL EN UN CONTENEDOR DE 40 PIES (M)
16055	0.14	3200	0.15 a 0.25	24.5	16	640	2'048,000
		3500	0.30 a 1.00	25.6			2'240,000
16060	0.15	2600	0.15 a 0.25	21.5			1'664,000
		3000	0.30 a 1.00	24.0			1'920,000
16080	0.20	2200	0.15 a 0.25	23.7			1'408,000
		2500	0.30 a 1.00	26.3			1'600,000
22060	0.15	2200	0.15 a 0.25	23.5			1'408,000
		2400	0.30 a 1.00	26.0			1'536,000
22080	0.20	1600	0.15 a 0.25	23.6			1'024,000
		1800	0.30 a 1.00	25.6			1'152,000

ANEXO 10. Especificaciones Cinta de riego Aqua traxx

Código	Separación entre goteros (cm)	Caudal por Gotero (l/h) @ 0,7 bar	Caudal por metro (l/h/m) @ 0,7 bar	Filtración Requerida mesh	Gotero Exponent
Gotero (1,01 l/h)					
EAF CXxx0690-yyy	15	1,01	6,73	150	0,3
EAF CXxx0867-yyy	20	1,01	5,05		
EAF CXxx1245-yyy	30	1,01	3,37		
EAF CXxx1634-yyy	40	1,01	2,53		
EAF CXxx1830-yyy	45	1,01	2,24		
EAF CXxx2422-yyy	60	1,01	1,68		
Gotero (0,76 l/h)					
EAF CXxx0667-yyy	15	0,76	5,07	150	0,3
EAF CXxx0850-yyy	20	0,76	3,80		
EAF CXxx1234-yyy	30	0,76	2,53		
EAF CXxx1625-yyy	40	0,76	1,90		
EAF CXxx1822-yyy	45	0,76	1,69		
EAF CXxx2417-yyy	60	0,76	1,27		
Gotero (0,51 l/h)					
EAF CXxx1222-yyy	30	0,51	1,70	150	0,3
EAF CXxx2411-yyy	60	0,51	0,85		

