

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA**



**“EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO  
EN EL PROYECTO AGRÍCOLA HUARMEY, DISTRITO Y  
PROVINCIA DE HUARMEY – ÁNCASH”**

**Presentado por:**

**TERESA JEZABEL EVELYN PALACIOS BRICEÑO**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**“EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO  
EN EL PROYECTO AGRÍCOLA HUARMEY, DISTRITO Y  
PROVINCIA DE HUARMEY – ÁNCASH”**

**Presentado por:**

**TERESA JEZABEL EVELYN PALACIOS BRICEÑO**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:**

Mg.Sc. Ricardo Apaclla Nalvarte

**PRESIDENTE**

Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo

**ASESOR**

Mag. Angel Faustino Becerra Pajuelo

**MIEMBRO**

Ing: Javier Antonio Goicochea Ríos

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

*Esto es un reflejo de esfuerzo y ganas de superación; para mis padres Elvio y Gregoria, agradecerles por darme la oportunidad de estudiar y confiar en mí, a Jorge André por ser mi compañero de vida y estar día a día empujando para un futuro mejor juntos, a mi hermana Lorena por enseñarme a ser mejor persona y sobre todo por darme a una personita muy especial, mi Juan Francisco, que con su corta edad me dio el amor y ganas de avanzar que tanto necesitaba.*

## ÍNDICE GENERAL

|        |  |    |
|--------|--|----|
| I.     | INTRODUCCIÓN.....  | 9  |
| 1.1.   | Justificación de la investigación .....                          | 1  |
| 1.2.   | Objetivos de la investigación .....                              | 2  |
| 1.2.1. | Objetivo principal .....   | 2  |
| 1.2.2. | Objetivos específicos .....                                      | 2  |
| II.    | REVISIÓN DE LITERATURA.....                                      | 3  |
| 2.1.   | Antecedentes de la investigación .....                           | 3  |
| 2.2.   | Riego por goteo en el Perú y en el mundo .....                   | 5  |
| 2.3.   | Riego Tecnificado .....  | 7  |
| 2.4.   | Principales sistemas de riego tecnificado .....                  | 7  |
| 2.4.1. | Sistemas de Riego Tecnificado por Gravedad.....                  | 7  |
| 2.4.2. | Sistemas de Riego Presurizado.....                               | 8  |
| 2.5.   | Riego por goteo.....   | 9  |
| 2.6.   | Uniformidad de riego .....                                       | 17 |
| 2.7.   | Evaluación de la uniformidad de riego .....                      | 18 |
| 2.8.   | Goteros compensados y no compensados.....                        | 21 |
| 2.9.   | Curva de descarga de goteros no compensados.....                 | 22 |
| III.   | MATERIALES Y MÉTODOS .....                                       | 24 |
| 3.1.   | Ubicación del estudio.....                                       | 24 |
| 3.2.   | Materiales y equipos .....                                       | 24 |
| 3.3.   | Metodología .....  | 25 |
| 3.3.1. | Riego por goteo en el Proyecto Agrícola Huarney.....             | 25 |
| 3.3.2. | Lateral de riego utilizado en el proyecto Agrícola Huarney ..... | 27 |
| 3.3.3. | Características del diseño agronómico del sistema .....          | 28 |
| 3.3.4. | Fase de campo .....  | 28 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.5. Fase de gabinete.....  | 30 |
| 3.3.6. Análisis estadístico .....   | 32 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 33 |
| 4.1. Análisis gráfico de la uniformidad de riego.....   | 33 |
| 4.2. Resultados de la evaluación del Coeficiente de Uniformidad de riego en la<br>instalación .....                 | 35 |
| 4.2.1. Evaluación de la uniformidad a nivel de válvulas del sistema .....   | 36 |
| 4.2.1. Evaluación de la uniformidad a nivel de sentidos de riego del sistema .....                                  | 38 |
| 4.2.2. Evaluación de la uniformidad a nivel de turnos de riego del sistema .....                                    | 40 |
| 4.3. Análisis comparativo de la uniformidad de riego al inicio y el final del ciclo<br>productivo del cultivo ..... | 41 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 44 |
| 5.1. Conclusiones .....   | 44 |
| 5.2. Recomendaciones .....  | 45 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 46 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Unidades agropecuarias y superficie agrícola bajo riego, por forma de riego, según tamaño y superficie de las unidades agropecuarias ..... | 6  |
| Tabla 2: Clasificación del Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF).....  | 10 |
| Tabla 3: Clasificación de los emisores empleados en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) .....  | 15 |
| Tabla 4: Valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad.....  | 18 |
| Tabla 5: Clasificación de la uniformidad de riego según el valor de CVt,.....   | 20 |
| Tabla 6: Mejoras sugeridas en base al porcentaje de instalaciones afectadas. ....   | 21 |
| Tabla 7: Distribución de áreas y caudales en el proyecto .....  | 26 |
| Tabla 8: Características de la cinta T-TAPE 515-30-340 en función del cultivo de espárrago .....  | 28 |
| Tabla 9: Evaluación de la uniformidad de riego por válvulas al inicio .....   | 36 |
| Tabla 10: Resultados de la evaluación de la uniformidad de riego según el sentido establecido por turno al inicio. ....                             | 38 |
| Tabla 11 : Resultados de la evaluación de la uniformidad de riego de los turnos del sistema al inicio .....   | 40 |
| Tabla 12: Análisis de la uniformidad promedio de los turnos de riego al principio y final del ciclo productivo del cultivo .....                    | 41 |

## ÍNDICE FIGURAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1:  | Componentes de un sistema de Riego por Goteo.....   | 13 |
| Figura 2:  | Componentes de un sistema de Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF).....                  | 14 |
| Figura 3:  | Microtubo .....   | 16 |
| Figura 4:  | Gotero helicoidal .....   | 16 |
| Figura 5:  | Gotero de laberinto .....   | 17 |
| Figura 6:  | Curvas de descarga de goteros compensados y no compensados .....                              | 23 |
| Figura 7:  | Ubicación del proyecto en estudio .....   | 24 |
| Figura 8:  | Esquema de ubicación de tuberías.....   | 26 |
| Figura 9:  | Gotero CINTA T-TAPE.....  | 27 |
| Figura 10: | Punto de muestreo de aforos .....   | 29 |
| Figura 11: | Calibración de válvula.....   | 29 |
| Figura 12: | Muestreo de volúmenes.....  | 30 |
| Figura 13: | Diferencia en muestra de volumen.....   | 30 |
| Figura 14: | Isolíneas de caudales en el turno 07 al inicio .....  | 33 |
| Figura 15: | Isolíneas de caudales en el turno 07 al final .....   | 34 |
| Figura 16: | Uniformidades evaluadas .....   | 35 |
| Figura 17: | Caudal de las válvulas según sentido de riego .....   | 37 |
| Figura 18: | Caudal de los sentidos de riego antes de la campaña productiva.....                           | 39 |
| Figura 19: | Caudal de los sentidos de riego después de la campaña productiva .....                        | 39 |
| Figura 20: | Comparativo del caudal de los turnos de riego al inicio y final de la campaña productiva..... | 42 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1: Ficha técnica del equipo evaluado.....                                 | 50 |
| Anexo 2: Ficha técnica en línea de la fábrica RIVULIS IRRIGATION .....          | 51 |
| Anexo 3: Fotos de la toma de datos .....  | 52 |
| Anexo 4: Corrida estadística en el software SPSS para diferencia de medias..... | 55 |
| Anexo 5: Datos del turno 1 al inicio de la campaña productiva .....             | 57 |
| Anexo 6: Datos del turno 2 al inicio de la campaña productiva .....             | 59 |
| Anexo 7: Datos del turno 3 al inicio de la campaña productiva .....             | 62 |
| Anexo 8: Datos del turno 4 al inicio de la campaña productiva .....             | 64 |
| Anexo 9: Datos del turno 5 al inicio de la campaña productiva .....             | 67 |
| Anexo 10: Datos del turno 6 al inicio de la campaña productiva .....            | 69 |
| Anexo 11: Datos del turno 7 al inicio de la campaña productiva .....            | 72 |
| Anexo 12: Datos del turno 1 al final de la campaña productiva .....             | 74 |
| Anexo 13: Datos del turno 2 al final de la campaña productiva .....             | 76 |
| Anexo 14: Datos del turno 3 al final de la campaña productiva .....             | 79 |
| Anexo 15: Datos del turno 4 al final de la campaña productiva .....             | 81 |
| Anexo 16: Datos del turno 5 al final de la campaña productiva .....             | 84 |
| Anexo 17: Datos del turno 6 al final de la campaña productiva .....             | 86 |
| Anexo 18: Datos del turno 7 al final de la campaña productiva .....             | 89 |
| Anexo 19: Evaluación de la uniformidad de riego por válvulas al final.....      | 91 |
| Anexo 20: Evaluación de la uniformidad de riego por sentido al final .....      | 92 |
| Anexo 21: Evaluación de la uniformidad de riego por turnos al final .....       | 93 |



## RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo principal de evaluar la uniformidad de riego en campo en el proyecto «Agrícola Huarney», ubicado en el distrito y provincia de Huarney, departamento de Áncash. Para lograrlo se realizó una evaluación de uniformidad de riego al inicio y al final de una campaña completa de cultivo de espárragos, con un sistema de riego diseñado para distribuir agua en siete turnos al día, los cuales abarcan desde 2.09 ha a 4.16 ha como máximo, cada uno de 2.65 horas disponibles para regar, entregando una lámina de 6 mm/día al cultivo, regando un total de 18.53 horas al día. Se diseñó con una capacidad de riego (CR) de 22.67m<sup>3</sup>/hora/ha, en cuanto al orden por turnos de regado. En la fase de campo se tomaron y dividieron los laterales los laterales entre 4, obteniendo por lateral 4 puntos muestrales, tal como indica, que dan como resultado un total de 16 puntos por turno o sentido de riego. En la fase de gabinete se procedió con la comparación de los promedios de las variables analizadas con respecto al momento de la evaluación, se procedió a una prueba de diferencias de medias T-Student, la cual se efectuó mediante el software estadístico R. muestra que el CU promedio de los turnos de riego del sistema evaluado al inicio del cultivo (92.05%) es mayor numéricamente al obtenido al finalizar el cultivo (85.69%). De la misma manera, podemos observar que el CV presenta un menor valor numérico al inicio del cultivo (0.0660 al inicio, y 0.1136 al final), esta diferencia una vez analizada estadísticamente resulta significativa, por lo cual, se puede afirmar a un nivel de confianza del 95% que la variabilidad del sistema de riego se incrementa al final de la campaña productiva. Como resultado de la presente investigación se concluye que el sistema de riego presenta una uniformidad muy buena al inicio de la campaña 92.07% y comparado con lo especificado en las fichas técnicas del fabricante, se demuestra que existe concordancia entre lo diseñado y las especificaciones técnicas. De la misma manera se concluye que el existe una baja de uniformidad debido al desgaste normal del equipo de riego y a factores como la salinidad del agua utilizada que debe ser explorada en futuros estudios.

**Palabras claves:** Uniformidad de riego, Cultivo de espárragos, Riego tecnificado, Riego por goteo.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La tecnología del riego por goteo se remonta a hace poco más de 50 años, gracias a que el gobierno israelí se orientó a maximizar el suministro de agua para hacer prosperar la agricultura en un árido país. Desde entonces, el riego por goteo fue empleado como un medio de conservación de los recursos hídricos y como medio de riego para cultivos, desde ornamentales u hortalizas, hasta frutales. Entre los países más beneficiados con la llegada del riego por goteo están China e India, incrementando sus áreas de riego en más de 100 veces, en dos décadas, (Intwater, 2015).

En cuanto al Perú, sólo lleva algunos años de aplicación dicha tecnología, y sólo el 3.75% de la superficie regada en el Perú utiliza este sistema. Dentro de los parámetros empleados para evaluar el funcionamiento de un sistema de riego por goteo, se encuentra el «Coeficiente de Uniformidad»; de modo que, valores inadecuados de este parámetro hace que la instalación resulte más costosa, debido a factores constructivos, factores hidráulicos, envejecimiento, obturaciones y diferencias de temperatura, (INEI, 2012).

Una manera de evaluar el uso de agua durante el regado, es por medio de la evaluación de la uniformidad de riego. No obstante, no siempre la uniformidad del riego por goteo especificada en el diseño es similar a la uniformidad observada en campo; de modo que, estas diferencias causan mayores costos, o menor efectividad de riego. Por ello, en la presente investigación se busca comparar la uniformidad de riego teórica con la uniformidad de riego real en campo, en el proyecto «Agrícola Huarney», ubicado en el distrito de Huarney, provincia de Huarney y departamento de Áncash.

### **1.1. Justificación de la investigación**

El uso eficiente del agua en el riego no sólo contribuye a la obtención de un mayor beneficio económico, al reducir tanto la cantidad de agua necesaria para regar una misma superficie de cultivo como la pérdida de fertilizantes por percolación, también contribuye a la

conservación de los recursos hídricos en la zona de cultivo, de modo que se puede incrementar el suministro de agua para futuros riegos.

Una manera de evaluar el uso de agua durante el regado, es por medio de la evaluación de la uniformidad de riego. Por lo cual, tanto la uniformidad del riego por goteo especificada en el diseño debería ser similar a la uniformidad observada en campo. Sin embargo, esto último no siempre ocurre; por consiguiente, las diferencias entre la uniformidad por goteo en campo y en el diseño, causan mayores costos o menor efectividad de riego.

Por ello, la presente investigación busca determinar la uniformidad de riego en campo y comparar con el coeficiente de uniformidad de diseño, y así poder ajustar los parámetros de diseño para reducir la pérdida de agua y fertilizantes durante el riego en el «Agrícola Huarney», ubicado en el distrito de Huarney, provincia de Huarney y departamento de Áncash.

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo principal**

Evaluar la uniformidad de riego en campo en el proyecto «Agrícola Huarney», ubicado en el distrito y provincia de Huarney, departamento de Áncash.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los caudales y presiones en el campo para diferentes turnos de riego en «Agrícola Huarney».
- Evaluar el coeficiente de uniformidad, la variabilidad y distribución de caudales en el campo.
- Evaluar la uniformidad determinada en campo con la establecida en el diseño acorde a los parámetros del fabricante.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

La investigación realizada por Montañés (2016) tiene como objetivo principal la evaluación, reestructuración e implementación del sistema de riego por goteo en cultivo de vid Campo Carmín - Agrícola Santiago Queirolo, Ica. De acuerdo al diagnóstico realizado, se observó que la planificación física existente no contempla la distribución de la clase textural del suelo. Con esta investigación se realizó la evaluación del coeficiente de uniformidad de caudales, presiones y del sistema de riego antes y después de la reestructuración del sistema de riego por goteo, el cual se basa en la distribución de nuevos turnos de riego de acuerdo a la clase textural del suelo. La red hidráulica del sistema de riego se modeló y optimizó en el programa de ingeniería Irricad en base a la pérdida de carga y velocidad de flujo en las tuberías existentes de PVC, lo cual contribuyó a la implementación de la reestructuración del sistema de riego por goteo de forma económica. Además, se evaluó la automatización con mandos hidráulicos existentes teniendo en cuenta el tiempo de apertura de las válvulas y el recorrido de los microtubos, considerando la menor longitud y los desniveles topográficos. Los resultados obtenidos muestran que el 58% de subunidades evaluadas presentan un CUC (coeficiente de uniformidad de caudales) mayor a 90%, es decir, una distribución más uniforme de agua en el sistema de riego. El CU total del sistema es de 83.50%.

Rodríguez y Puig (2012) realizaron un estudio para evaluar el comportamiento hidráulico de los sistemas de riego por goteo superficial y sub superficial. Para lo cual se montó un sistema de riego con un diseño experimental completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos: uno con el sistema de riego por goteo superficial y tres con sistemas de riego por goteo sub superficiales con emisores soterrados a 15, 30 y 45 centímetros de profundidad. Se realizaron evaluaciones de laboratorio y de campo de los principales parámetros hidráulicos del sistema al inicio de la primera campaña de riego y al final de la tercera, obteniéndose en el tratamiento superficial una apreciable disminución del caudal medio del emisor ( $q_{med}$ ), un

aumento de la desviación de dicho caudal con relación al caudal nominal ( $D_{qnom}$ ) y aumento del coeficiente de variación por obturación ( $CV_{obt}$ ), que permite inferir un aumento del taponamiento de estos emisores debido a precipitados de carbonato de calcio, fosfatos e hidróxidos que se forman a la salida de los emisores al entrar en contacto directo con los agentes atmosféricos. En cuanto al comportamiento del Coeficiente de Uniformidad Estadístico ( $CU_{Est}$ ) y el Coeficiente de Uniformidad del cuarto más bajo ( $CU_{25}$ ), los valores obtenidos para este índice fueron siempre elevados, estando comprendidos entre 97 y 98 %. El trabajo realizado por Cun et al. (2011), se desarrolló con el objetivo principal de determinar la uniformidad del riego a través del cálculo del coeficiente de uniformidad ( $CU_s$ ) del sistema en condiciones de producción. El estudio se realizó en diferentes unidades productivas de la agricultura urbana en la ciudad de La Habana: dos organopónicos (0,5 ha), un organopónico semiprotegido (0,7 ha) y un huerto intensivo (0,25 ha). Los resultados demostraron que los emisores trabajan con buena uniformidad bajo la presión de producción ( $>70\%$ ), pero no a la planteada por el fabricante (1,5 bar). El  $CU_g$  del gasto, fue aceptable y bueno (entre 70% y 90%), salvo en un organopónico, que se comportó de forma inaceptable ( $<70\%$ ). Los emisores trabajan con gastos fuera del valor recomendado por el fabricante (40,65 L.h<sup>-1</sup>). El  $CU_s$  general de los sistemas fue aceptable y bueno en el huerto intensivo y, en el organopónico semiprotegido (entre 70% y 90%), respectivamente, e inaceptable en los dos organopónicos ( $<70\%$ ).

El trabajo realizado por Fontela et al. (2009) tiene por objeto evaluar la uniformidad del riego por goteo en las zonas de regadío de las cuencas de los ríos Mendoza y Tunuyán (zonas alta y baja), de la provincia de Mendoza, Argentina. Las evaluaciones – en 17 propiedades – permitieron determinar: coeficientes de uniformidad, salinidad del agua de riego y del suelo en cabeza, medio y pie de la subunidad de riego, y en el bulbo húmedo e interfoliar en dos estratos del perfil del suelo (0,10-0,30 m y 0,30-0,50 m). Se determinó, además, la textura del suelo y su posible relación con los niveles de salinidad de la rizófora. Se estimó que el 18% de las subunidades de riego evaluadas presentan un coeficiente de uniformidad por debajo del rango recomendable y que en el 94% de las propiedades existen diferencias significativas entre caudales medios registrados entre subunidades y entre sectores de operación de riego. Se encontraron diferencias significativas en la salinidad del extracto de saturación, en la sodicidad y en la concentración del anión cloruro al comparar el suelo extraído del bulbo de mojado respecto del interfoliar. Asimismo, los resultados muestran

que no existen diferencias significativas de esas variables en las distintas profundidades de suelo analizado.

## **2.2. Cultivo de espárragos en el Perú**

El cultivo de espárragos (*Asparagus officinalis* L.) en el Perú, tiene una gran importancia al ser uno de los principales productos de agro exportación de la costa peruana. Este cultivo representó en nuestro país 28 mil hectáreas de cultivo con un rendimiento de 390 mil toneladas en el año 2017, (MINAGRI). La región de mayor importancia en este cultivo es La libertad que produce más del 50% de espárragos a nivel nacional, seguida de la región Ica que acumula una producción del 39.8% del total nacional según los registros del año 2017, (MINAGRI).

El espárrago, (*Asparagus officinalis* L.), es una angiosperma, monocotiledónea, perteneciente a la familia Liliácea y al género *Asparagus*. Es una herbácea perenne, que puede durar muchos años dependiendo del manejo agronómico dado al cultivo. La planta del espárrago está formada por tallos aéreos ramificados y, una parte subterránea constituida por raíces y yemas a la que se denomina comúnmente “garra” o “corona”, (Rosales, 2017).

La calidad del agua generalmente no es un factor limitante en el crecimiento de los espárragos, pareciera ser que es minimizada por la habilidad de la planta para controlar la absorción de sodio. Se ha producido con mucho éxito, bajo riego por goteo donde la conductividad eléctrica (CE), del agua de riego fue de 9 dS/m, (Rosales, 2017).

## **2.3. Riego por goteo en el Perú y en el mundo**

La tecnología del riego por goteo se remonta a hace poco más de 50 años, cuando el ingeniero israelí Simcha Blass inventó el gotero para riego, y con ello, el riego por goteo. Este desarrollo tecnológico se dio en un contexto donde el gobierno israelí, desde 1948, se orientó a maximizar el suministro de agua para hacer prosperar la agricultura en un árido país, (Intwater, 2015).

Inicialmente, el riego por goteo fue empleado como un medio de conservación de los recursos hídricos. Más adelante, al ir desarrollando la tecnología, se incrementó la eficiencia en el uso del agua; de modo que, no sólo se mejoraban los rendimientos, también mejoraban

la calidad de las cosechas. Así, de ser empleado sólo para cultivos intensivos, como ornamentales u hortalizas, fueron incursionando en otro tipo de cultivos, como los frutales, (Intwater, 2015).

Fuera de Israel, uno de los primeros lugares donde se aplicó esta tecnología fue en California, afectada por escasez de agua en la década de 1960. No obstante, tardaron más de 20 años para que la tecnología fuera ganando terreno en este estado, alcanzando las 20 000 ha regadas por goteo, (Intwater, 2015).

Entre los países más beneficiados con la llegada del riego por goteo están China e India, donde las áreas regadas por goteo se incrementaron en más de 100 veces en dos décadas, teniendo India mayor cantidad de superficie regada por goteo, con más de dos millones de ha, (Intwater, 2015).

En cuanto al Perú, lleva algunos años de aplicación la tecnología. Según el IV Censo Nacional Agropecuario, realizado el 2012, y el más actualizado al momento, se tiene que el riego por goteo se aplica en solamente el 0.83% de las unidades agropecuarias, equivalente al 3.75% de la superficie regada en el Perú, como se puede observar en la Tabla 1. (INEI, 2012)

**Tabla 1: Unidades agropecuarias y superficie agrícola bajo riego, por forma de riego, según tamaño y superficie de las unidades agropecuarias**

| Unidades Agropecuarias                    | Unidades Agropecuarias con superficie agrícola bajo riego | Formas de Riego   |                    |                |                    |                          | Otros     |
|---|---|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------------|-----------|
|   |   | Solo por gravedad | Solo por aspersión | Solo por goteo | Solo por exudación | Por gravedad y aspersión |           |
| Número de Unidades agropecuarias          | 948,183.00  | 763,809.00        | 60,817.00          | 7,855.00       | 1,102.00           | 17,934.00                | 4,771.00  |
| Superficie de Unidades agropecuarias (ha) | 2,579,899.83  | 1,529,309         | 50,423.51          | 96,772.4       | 1,952.4            | 64,187.18                | 65,535.25 |

Fuente: INEI (2012).

## **2.4. Riego Tecnificado**

El riego tecnificado consiste en introducir cambios tecnológicos, tanto en la infraestructura, distribución y aplicación del agua al cultivo, así como desarrollar capacidades organizativas de los usuarios para mejorar la eficiencia de uso del agua por medio del riego presurizado, (Pro Agro Bolivia, 2013).

La tecnificación del riego permite las siguientes innovaciones en la agricultura, en comparación con los sistemas de riego por gravedad e inundación, (Ministerio de Agricultura, 2006):

- Mejoramiento de la irrigación agrícola, por medio de eficientes y modernos sistemas de riego.
- Uso de sistema de riegos eficientes, como los son: tubos multicompuertas, mangas, riego intermitente, aspersión, microaspersión, goteo, etc.
- Aplicación de agua al cultivo en calidad, cantidad y oportunidad necesarias para un uso eficiente, eliminando las pérdidas y desperdicios de agua.
- Capacitación permanente en temas de riego y uso eficiente del agua en agricultura.

Y esto conlleva a beneficios, donde se resalta la importancia del riego tecnificado, (Ministerio de Agricultura, 2006):

- Disminución del consumo de agua en los campos de cultivo, y por ende, disminución del gasto en agua.
- Mayor eficiencia en el uso de agua y fertilizantes, lo que genera una mayor producción y mejor calidad de los cultivos. Esto significa mayores ganancias.
- Mayor disponibilidad de tiempo del trabajador para realizar otras actividades.
- Mayores ingresos económicos para los agricultores.

## **2.5. Principales sistemas de riego tecnificado**

Los principales sistemas de riego tecnificado en nuestro país, se pueden agrupar en riegos tecnificados por gravedad, y riegos tecnificados por presión, (AGROBANCO, 2013).

### **2.5.1. Sistemas de Riego Tecnificado por Gravedad**

- a. Sistemas de riego con mangas:



Es un sistema de riego donde se usan mangas plásticas para conducir el agua de riego en la parcela, de un punto a otro. Las mangas permiten aplicar el agua a los surcos a través de perforaciones a distancias establecidas, (AGROBANCO, 2013).

b. Sistema de riego multicompuertas:

Es un sistema de distribución y conducción de agua de riego dentro de un terreno, a través de tuberías livianas, de fácil instalación y transporte. Estas tuberías trabajan a presiones bajas, logrando una elevada eficiencia de aplicación, alcanzando el 70% de eficiencia de riego. Presenta bajos costos de inversión, de instalación, de operación y de mantenimiento, (AGROBANCO, 2013).

c. Sistemas de riego por impulsos o intermitente:

Es un sistema donde el agua se aplica a los surcos en intervalos de tiempos cortos y frecuentes, por medio de un dispositivo que abre y cierra las compuertas, cada determinado tiempo. Este sistema permite una elevada eficiencia de aplicación, mayor al 75%, permitiendo un mayor ahorro de agua. Además, es de fácil instalación, operación y mantenimiento, (AGROBANCO, 2013).

## **2.5.2. Sistemas de Riego Presurizado**

a. Sistema de riego por aspersión

Es un sistema de riego donde se simula la lluvia, controlando el tiempo y la intensidad, por medio de aspersores diseñados para operar a diferentes presiones. Así, este sistema permite aplicar agua a los cultivos en forma uniforme y controlada. Además, se reducen las pérdidas por conducción y distribución del agua, logrando una mayor eficiencia y mayor aprovechamiento en la aplicación de fertilizantes y pesticidas, (AGROBANCO, 2013).

b. Sistema de riego por micro aspersión:

Es un sistema de riego donde se aplica el agua en forma de lluvia, de manera más fina y suave que en la aspersión, Se le considera riego localizado, debido a que esparce la humedad en la zona radicular de la planta. A comparación del riego por goteo, comparte los mismos sistemas hidráulicos, salvo los emisores, que en el caso de micro aspersión, consisten en micro aspersores, (AGROBANCO, 2013).

#### c. Sistema de riego por goteo

Es un sistema de riego que permite la aplicación de agua y fertilizantes en forma de gotas en la zona radicular de los cultivos, de manera localizada, continua, oportuna y eficiente. Este sistema de riego es de elevada frecuencia, realizando la aplicación en cantidades estrictamente necesarias y en determinados momentos. El riego por goteo puede adaptarse a cualquier suelo y condiciones topográficas diversas. Finalmente, logra alcanzar una elevada eficiencia de aplicación, mayor al 90%, (AGROBANCO, 2013).

#### d. Sistema de riego por exudación

Es un sistema de riego localizado donde se aplica el agua en forma continua por medio de un tubo poroso que exuda en toda su longitud y superficie, o en parte de ella. Este sistema permite ahorrar agua de riego, además de regar en forma continua, evitando pérdidas por percolación. Este sistema también permite elevar la uniformidad de aplicación de agua a diferentes presiones. Finalmente, permite restituir el agua perdida por evapotranspiración, en forma continua, a través del tubo poroso, logrando que las plantas siempre dispongan de condiciones óptimas de humedad, (AGROBANCO, 2013).

### **2.6. Riego por goteo**

El riego por goteo es una clase de Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF), caracterizado por tener un caudal relativamente bajo, (Pizarro, 1996). Es un sistema mecanizado a presión, que permite aplicar agua gota a gota sobre la superficie del suelo, produciendo un humedecimiento limitado y localizado. El agua se vierte en pequeños volúmenes por unidad de tiempo y a baja presión mediante emisores o goteros insertados en una tubería lateral de distribución, los cuales son absorbidos por las raíces de la planta, aprovechándose prácticamente en su totalidad, (Cruz, 2009).

El objetivo del riego es poner a disposición de los cultivos el agua necesaria para que cubra sus requerimientos, complementando o no la lluvia, (Ascencios, 2012).

El riego por goteo se diferencia de otras clases de RLAF por su bajo caudal, el cual suele ser menor a los 16 l/h. Por ello, el riego por goteo es una clase de RLAF de bajo caudal. Otras clases de riego, como son la microaspersión o la difusión, son RLAF de alto caudal, como se observa en la Tabla 2, (Pizarro, 1996).

**Tabla 2: Clasificación del Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF)**

| Clasificación de los RLAF      |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Alto caudal (16 l/h – 150 l/h) | Microaspersión<br>Difusión |
| Bajo caudal (< 16 l/h)         | Riego por goteo            |

Fuente: Pizarro (1996).

La aplicación del riego por goteo implica las siguientes ventajas (Cruz, 2009):

- La eficiencia del riego por goteo es muy alta (90 a 95%), y la distribución del agua es muy uniforme.
- Permite la fertirrigación con una gran eficiencia, es decir, mezclar el agua con minerales o cualquier tipo de fertilizante y trasladarlos por mangueras o tuberías directamente a las plantaciones.
- Con este sistema se puede regar frecuentemente con pequeñas cantidades de agua, de tal manera que el suelo esté siempre húmedo, con buena relación agua y aire.
- El régimen de aplicación (intervalos entre riegos y cantidad de agua), puede ajustarse exactamente de acuerdo con las condiciones del suelo y del cultivo.
- Es posible aprovechar el agua las veinticuatro horas del día, sin necesidad de supervisión continuada del riego.
- Se aplica el agua sólo sobre las raíces del cultivo, por lo tanto, se evita mojar otras áreas de terreno, lo que significa un ahorro de agua.
- Contribuye a facilitar el control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada, ya que, el agua es entregada directamente al lado de las plantas y a lo largo de la línea de cultivo, quedando seca la superficie entre las líneas. Además, el agua de riego se aplica finamente filtrada y libre de semillas de malezas.
- Este sistema presenta facilidades para manejar caudales controlados, lo cual permite poder administrar, a través del riego, fertilizantes y pesticidas solubles en agua.
- Es posible ejecutar otras actividades agrícolas en el predio, durante el riego, como fumigación y cosecha.
- Los goteros dosifican su caudal, entregándolo gota a gota, de acuerdo a la capacidad de absorción del suelo y las necesidades del cultivo; así se minimizan las pérdidas por conducción y evaporación.

- El goteo impide que se forme un ambiente húmedo, como ocurre en otros sistemas de riego, disminuyendo con esto las condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades. Además, el follaje no se moja.

Así también, se encuentran las siguientes desventajas en este sistema de riego (Cruz, 2009):

- Alto costo inicial de la inversión.
- Este sistema requiere de un especial cuidado en el filtraje del agua y mantenimiento de los goteros, pues son muy sensibles al taponamiento por materia orgánica o impurezas, también por el crecimiento de algas en el interior de la tubería. Por esta razón, los filtros deben ser limpiados frecuentemente.

Además de lo anterior, se han presentado problemas en suelos arenosos y pedregosos, donde el bulbo húmedo formado en el suelo sufre deformaciones, de modo que, el bulbo húmedo se hace profundo y su extensión horizontal es limitada. Esto último ocasiona inconvenientes, tales como (Pizarro, 1996):

- No se dispone de una mínima superficie de suelo mojado para el buen desarrollo radicular de las plantas.
- Los bulbos húmedos, al ser profundos, ocasionan la pérdida de agua y fertilizantes por percolación.
- Se intercalan regiones húmedas y regiones secas en la zona radicular, de modo que, las raíces solo puedan expandirse en las zonas húmedas.

El esquema tradicional de un sistema de riego por goteo, se muestra en la Figura 1. Este sistema tiene los siguientes componentes (Liotta *et al.*, 2015):

- Operación de riego: es el conjunto de unidades de riego que son regadas simultáneamente desde un mismo cabezal de riego.
- Unidad de riego: es el conjunto de subunidades de riego que son regados simultáneamente desde un mismo punto.
- Subunidad de riego: se le denomina a la superficie de riego que es controlada por una válvula o cabezal de riego.
- Cabezal de riego: es el conjunto de elementos que controla toda la instalación, desde la cual se realiza el filtrado y medición del agua de riego, además del control de la presión del agua y aplicación de fertilizantes.

- Tuberías primarias: tuberías que salen directamente del cabezal de riego.
- Tuberías secundarias: tuberías que salen directamente de una tubería primaria.
- Tuberías terciarias: tuberías que conectan directamente con las tuberías laterales.
- Tuberías laterales: son las tuberías de último orden, de donde se conectan los emisores de riego.

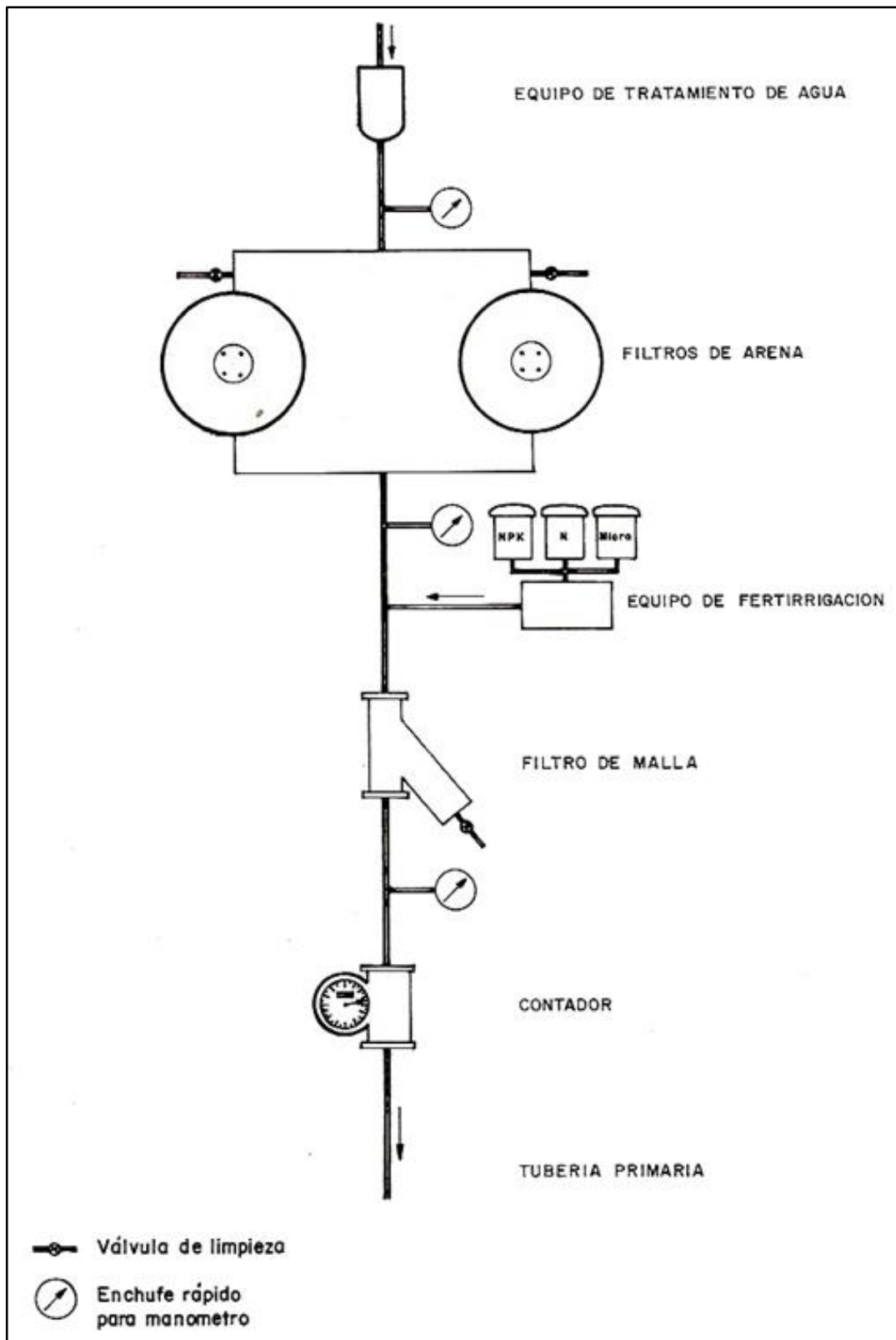
En la Figura 2, se muestra el esquema de un cabezal, el cual contiene un equipo de tratamiento de agua, desde donde se pueden aplicar oxidantes como hipoclorito de sodio, para eliminar obturaciones, o aplicar ácidos, para remover precipitados calcáreos. Posteriormente, se tiene los filtros de arena, con los cuales se eliminan las impurezas orgánicas del afluente, como algas, restos de insectos, entre otros, así como partículas minerales. Se recomienda tener un mínimo de dos filtros para asegurar un flujo continuo ante la limpieza de uno de estos, (Pizarro, 1996).

Posterior a los filtros se ubica el equipo de fertirrigación, el cual se coloca aquí, en caso se opte por aplicar fertilizantes mediante riego. Luego, se deben colocar filtros de malla, para retener impurezas que no son retenidas por los filtros de arena, o que entren al agua a través de los abonos. Posteriormente, se tiene al contador de agua, el cual es un elemento muy importante en un cabezal, puesto que no sólo mide el caudal instantáneo, sino también puede hacer un conteo totalizador del agua que va ingresando, facilitándose el registro de datos si es que el contador transmite los datos a un servidor computacional.



**Figura 1. Componentes de un sistema de Riego por Goteo**

Fuente: Liotta *et al.* (2015)



**Figura 2. Componentes de un sistema de Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF)**

Fuente: Pizarro (1996)

En la Tabla 3, se muestran los emisores utilizados para RLAF. Para el caso del riego por goteo propiamente dicho, se utilizan goteros de largo conducto, los cuales se clasifican en: microtubos, goteros helicoidales y goteros de laberinto, (Pizarro, 1996). El gotero tiene un mecanismo que disipa la presión del agua la misma que es aplicada en forma localizada hacia la zona de influencia de las raíces de las plantas, a través de un sistema de tuberías laterales, en la cual están los emisores, (Ascencios, 2012).

**Tabla 3: Clasificación de los emisores empleados en Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF)**

| <b>Clasificación de los emisores empleados en RLAF</b> |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Alto caudal<br/>(16 l/h – 150 l/h)</b>              | Microaspersores<br>Difusores<br>Microtubos de alto caudal |   |  |
| <b>Bajo caudal<br/>( &lt; 16 l/h)</b>                  | Goteros propiamente dichos                                | De largo conducto                         | Microtubo,<br>Helicoidales<br>De laberinto |
|  |   | De orificio<br>Vórtex<br>Autocompensantes |  |
|  | Mangueras<br>Cintas de exudación                          |   |  |

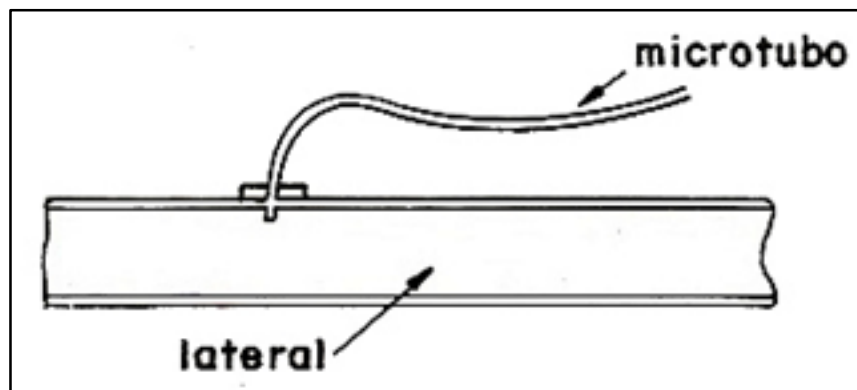
Fuente: Pizarro (1996).

Los microtubos, como se ven en la Figura 3, son los tipos de gotero más antiguos, los cuales consisten en tubos de polietileno, con diámetros entre 0.6 y 2 mm y de longitud variable. Estos microtubos presentan inconvenientes como la alta sensibilidad a cambios de temperatura y presión, además de tener mayor riesgo de obturaciones; no obstante, el relativo costo bajo y la facilidad de uniformizar los caudales, cambiando la distancia de los microtubos, les ha hecho ganar popularidad, (Pizarro, 1996).

Los goteros helicoidales (Figura 4), consisten en una modificación del diseño del microtubo, el cual pareciera que se enrollara alrededor de un cilindro. Con esto se consiguen goteros más compactos. Generalmente son diseñados en polipropileno, como la mayoría de goteros. La distorsión en el flujo que ocasiona la forma helicoidal del gotero hace que sean menos



sensibles que los microtubos a los cambios de temperatura, presión y a las obturaciones, (Pizarro, 1996).



**Figura 3. Microtubo**

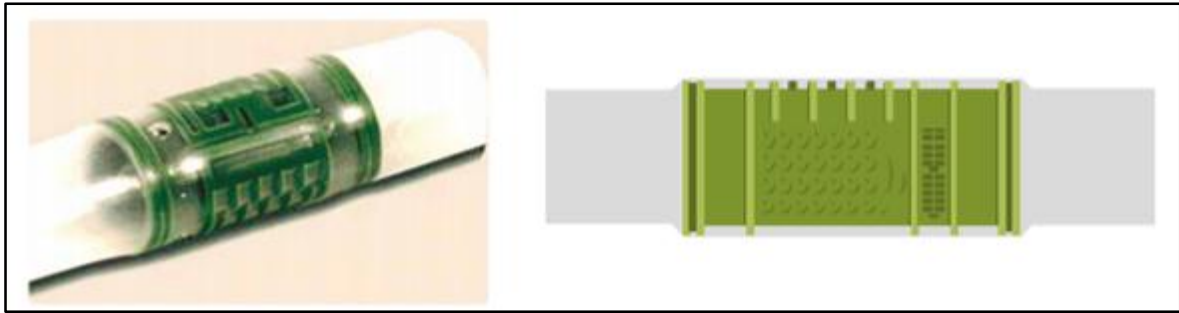
Fuente: Pizarro (1996)



**Figura 4. Gotero helicoidal**

Fuente: Pizarro (1996)

Los goteros de laberinto (Figura 5), consisten en una modificación más moderna del diseño del microtubo, en el cual, el agua recorre una trayectoria tortuosa, siendo menos sensibles que los goteros helicoidales a los cambios de temperatura, presión y a las obturaciones, (Liotta *et al.*, 2015).



**Figura 5. Gotero de laberinto**

Fuente: (Liotta *et al.* 2015)

## 2.7. Uniformidad de riego

La uniformidad de aplicación, significa que el agua distribuida llegue por igual a todos los puntos del campo regado. Una buena uniformidad garantiza que todas las plantas estén bien regadas, sin que unas reciban agua en exceso y a otras les falte, asegurándose así el desarrollo homogéneo del cultivo y su máximo rendimiento, (Ascencios, 2012).

La medida más usada para calcular la uniformidad de riego es el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, propuesto en 1942, pero que, para el caso del RLAF, se considera la siguiente fórmula, (Proaño, 2011).

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

Donde « $q_a$ » representa al caudal promedio de todos los emisores utilizados en el riego, y « $q_{25}$ » representa al caudal promedio del 25 % de los emisores cuyos caudales sean los más bajos.

El «Coeficiente de Uniformidad» (CU) es útil para evaluar las instalaciones en funcionamiento, o para diseñar nuevas instalaciones de riego (Pizarro, 1996). No obstante, en el diseño, la uniformidad de riego es una condición que se impone, (Proaño, 2011).

Cuanto mayor es el valor de CU, la instalación resultará más cara, debido a que se necesita un régimen de presión más uniforme para disminuir la dispersión en los caudales de los emisores, y para ello, se necesitan requerimientos como aumentar los diámetros en las tuberías, disminuir la longitud de los laterales, invertir más en los reguladores de presión, etc. Los factores que intervienen en el valor del CU, (Pizarro, 1996) son:

- Factores Constructivos: los materiales de trabajo y la fabricación de los emisores causan diferencias entre los emisores de un mismo modelo, incluso trabajando a una misma presión.
- Factores Hidráulicos: se refiere a los cambios de presiones a los cuales se someten los emisores, debido a las pérdidas de carga y a los desniveles.
- Envejecimiento y obturaciones.
- Diferencias de temperatura.

A continuación, se muestran unos valores recomendados de CU (Proaño, 2011):

**Tabla 4: Valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad**

| Emisores   | Pendiente (i)                | Coeficiente de Uniformidad |              |
|--|------------------------------|----------------------------|--------------|
|  |                              | Clima Árido                | Clima Húmedo |
| Emisores espaciados más de 4 m. en cultivos permanentes.                       | Uniforme (1 < 2%)            | 0.90 – 0.95                | 0.80 – 0.85  |
|  | Uniforme (1 < 2%) u ondulada | 0.85 – 0.90                | 0.75 – 0.80  |
| Emisores espaciados menos de 2.5 m. en cultivos permanentes o semipermanentes. | Uniforme (1 < 2%)            | 0.85 – 0.90                | 0.75 – 0.80  |
|  | Uniforme (1 < 2%) u ondulada | 0.80 – 0.90                | 0.70 – 0.80  |
| Mangueras o cintas de exudación en cultivos anuales                            | Uniforme (1 < 2%)            | 0.80 – 0.90                | 0.70 – 0.80  |
|  | Uniforme (1 < 2%) u ondulada | 0.70 – 0.85                | 0.65 – 0.75  |

Fuente: Proaño (2011)

## 2.8. Evaluación de la uniformidad de riego

La evaluación de las instalaciones de riego, en el momento de la operación, tiene por objetivo, conocer la eficacia del sistema y determinar las medidas necesarias de mejora en caso la eficacia no sea suficiente. La evaluación permite, además, mejorar futuros diseños por los ingenieros a futuro, además de hacer comparaciones entre diferentes sistemas de riego. Una parte de la evaluación de las instalaciones de riego, es la evaluación de la

uniformidad de riego, la cual, comienza por la selección de un conjunto de plantas. Un número recomendado es de 16 plantas, según una investigación de Merriam y Keller en 1978, (Proaño, 2011).

Luego de esto, se pueden seguir los siguientes pasos (Proaño, 2011):

- Elegida la subunidad de riego a estudiar, se seleccionan cuatro laterales. El primero de estos debe situarse en el origen, el siguiente a 1/3 del origen, el siguiente a 2/3 del origen y el siguiente al final.
- Luego, en cada lateral se seleccionan cuatro plantas, con el mismo criterio de espaciamiento, para luego, medir el caudal que recibe cada planta, además de ser conveniente medir la presión en cada emisor.

De la fórmula (Proaño, 2011):

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

Ahora «qa» representa al caudal promedio que reciben las 16 plantas en el riego, y «q25» es el caudal promedio recibido por las cuatro plantas que reciban menores caudales.

Se recomienda que este CU se mida en la instalación de cada sistema de riego nuevo, y una vez cada año. Tras comparar estos valores, se permite identificar si la variación de uniformidad es a causa de características propias de la instalación, o además, se debe a obturaciones, desajustes de los reguladores, entre otras razones.

Para identificar las razones de una baja uniformidad, se puede usar el método propuesto por Bralts y Kesner, en 1983, donde indican que las razones de la disminución del CU se agrupan en dos clases (Pizarro, 1996):

- Causas hidráulicas que afectan a la presión de funcionamiento de los emisores, dándose un diseño inadecuado. Por ejemplo: ausencia de reguladores de presión, desajustes de los reguladores, etc.
- Obturaciones o inadecuado coeficiente de variación de fabricación (CV)

El método de Bralts y Kesner consiste en calcular los tres coeficientes de variación, mencionados a continuación (Pizarro, 1996):

- CVt: Coeficiente de variación total de caudales.
- CVe: Coeficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad de los emisores.
- CVh: Coeficiente de variación de caudales debido a causas hidráulicas.

Para calcular CVt, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CV_t = \frac{\sigma_q}{q_a}$$

Donde  $q_a$  es el caudal medio que reciben las 16 plantas, y  $\sigma_a$  es la desviación típica de los 16 caudales. Según el valor de CVt, la uniformidad puede clasificarse según lo indicado en la Tabla 5 (Proaño, 2011):

**Tabla 5: Clasificación de la uniformidad de riego según el valor de CVt,**

| CVt       | Uniformidad |
|-----------|-------------|
| > 0.4     | Inaceptable |
| 0.4 – 0.3 | Baja        |
| 0.3 – 0.2 | Aceptable   |
| 0.2 - 0.1 | Muy buena   |
| 0.1 - 0   | Excelente   |

Fuente: Proaño (2011)

Para calcular CVh, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CV_h = \frac{\sigma_p}{p_a}$$

Donde  $p_a$  es la presión media del agua que reciben las 16 plantas, y  $\sigma_p$  es la desviación típica de las 16 presiones, (Pizarro, 1996).

Para calcular CVe, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CV_e = \sqrt{CV_t^2 - x^2 CV_h^2}$$

Donde  $x$  es el exponente de descarga del emisor, que en caso se desconozca se puede utilizar el valor de 0.5 aunque, con cierto rango de incertidumbre, (Pizarro, 1996).

Se considera que el valor de  $CV_e$  debe ser menor a 0.2., de no ser así, puede considerarse que los emisores son inadecuados o están obturados, (Pizarro, 1996).

Si, de la Tabla 5,  $CV_t$  es inaceptable, y  $CV_e$  es menor a 0.2, se debe comprobar cuál de las causas hidráulicas ocasiona la baja uniformidad, (Pizarro, 1996).

En base al porcentaje de instalaciones afectadas, el estudio titulado “Producción de algodón en doble y triple hilera con riego por goteo” realizado en California, (Sánchez et al, 2007) sugiere lo expresado en la Tabla 6, (Proaño, 2011):

**Tabla 6: Mejoras sugeridas en base al porcentaje de instalaciones afectadas.**

| <b>Necesidades</b>  | <b>Instalaciones afectadas (%)</b> |
|---|------------------------------------|
| Modificar las tuberías por diseño incorrecto                | 2                                  |
| Instalar reguladores de presión                             | 5                                  |
| Instalar filtros  | 7                                  |
| Mejorar los filtros existentes                              | 18                                 |
| Ajustar los reguladores existentes / aplicar ácidos o cloro | 21                                 |
| Limpiar filtros   | 39                                 |

Fuente: Proaño (2011)

## **2.9. Goteros compensados y no compensados**

Los goteros, según la relación entre el caudal de entrada y la presión de operación del sistema, se clasifican en goteros autocompensados y goteros no compensados, (SIAR - Limarf, 2010).

En el caso de los goteros autocompensados, poseen en su interior membranas, discos flotantes o diafragmas que obstruyen o dificultan el tránsito del agua al incrementar la presión, manteniendo un caudal constante ante variaciones importantes de dicha presión (Secretaría de la Reforma Agraria, 2012). Por tanto, se puede diseñar laterales de riego

largos, mantener la uniformidad de riego, a pesar de los desniveles topográficos y ahorrar en energía empleada; además, cada marca de gotero tiene diferentes rangos de presión de operación, (Universidad de Concepción, 2009).

En el caso de los goteros no compensados, cada tipo de marca de gotero va a tener diferentes caudales, según la fluctuación de la presión de operación. Esto último influye en el largo de los laterales y en la uniformidad de riego, (Universidad de Concepción, 2009).

Para entender el comportamiento de los goteros no compensados, es necesario conocer la relación caudal-presión en un gotero. Esto es aplicable para todo tipo de emisor, salvo las cintas de exudación, (Pizarro, 1996).

La relación caudal – presión se determina por la siguiente ecuación:

$$q = Kh^x$$

Donde q es el caudal del emisor, K es el coeficiente de descarga, x es el exponente de descarga, y h es la presión a la entrada del emisor. De estos valores, tanto K como x son característicos de cada emisor, y deben ser brindados por los fabricantes, (Pizarro, 1996).

De la ecuación anterior, se pueden deducir los valores de K y x, de modo que (Pizarro, 1996):

$$x = \frac{\ln q_1/q_2}{\ln h_1/h_2}$$

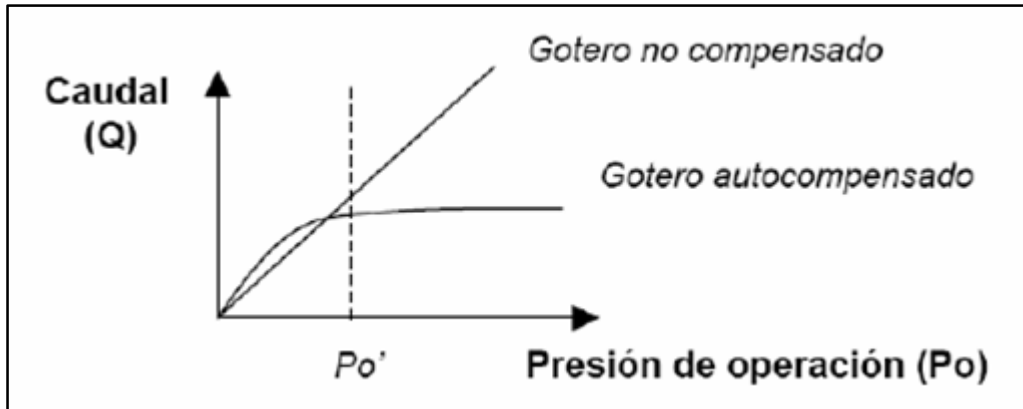
$$K = \frac{q_1}{h_1^x}$$

Y estas relaciones han servido para evaluar el comportamiento del riego por goteo en diferentes estudios (Muñoz, 2001), (Pastor & Narro, 2015), (Vélez-Sánchez *et al*, 2013), (Gil *et al*, 2002).

## **2.10. Curva de descarga de goteros no compensados**

Se sabe que, para evaluar el funcionamiento de los goteros, es necesario medir el caudal de entrada y la presión de operación del sistema. Esto anterior es necesario porque, el caudal de un determinado tipo de emisor depende de la presión de operación, (SIAR - Limarf, 2010).

De la relación entre la presión y el caudal, se clasifican los goteros en: goteros autocompensados y goteros no compensados, cuyas curvas de descarga esquematizadas se presentan en la Figura 6 (SIAR - Limarf, 2010):



**Figura 6. Curvas de descarga de goteros compensados y no compensados**

Fuente: SIAR - Limarf (2010)

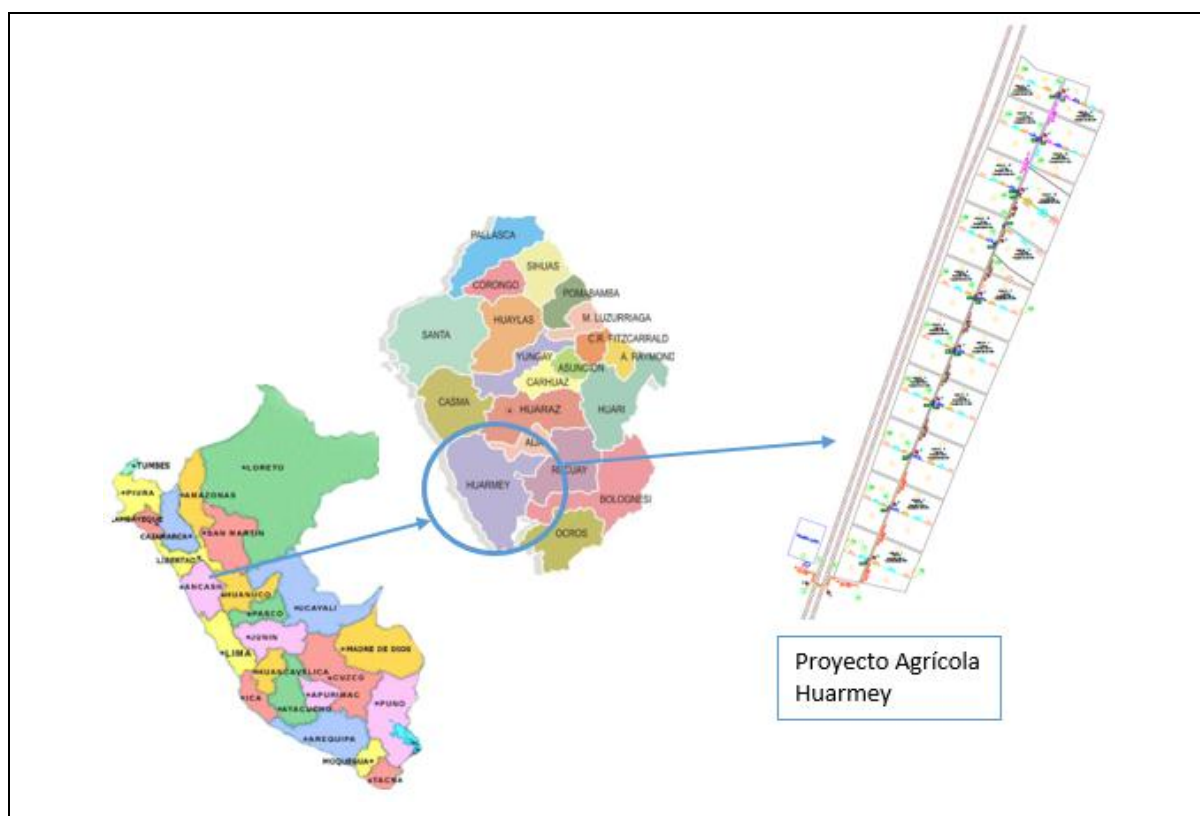
- Los goteros autocompensados, tras alcanzar una determinada presión, se mantienen los caudales con magnitudes aproximadamente iguales, ante aumentos de presiones de operación. Se recomiendan este tipo de goteros para terrenos en pendiente o cuando se diseñan tuberías laterales muy largas, (SIAR - Limarf, 2010).
- Los goteros no compensados presentan variación del caudal, según sea la presión de operación del sistema. Mientras mayor es la presión mayor será el caudal, y viceversa. Se recomiendan este tipo de goteros para terrenos planos o cuando se diseñan tuberías laterales cortas, (SIAR - Limarf, 2010).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en la región Ancash, provincia de Huarney y distrito de Huarney sobre un campo de cultivo de espárragos en el proyecto «Agrícola Huarney», sobre una instalación de riego tecnificado indicado en la Figura 7.



**Figura 7. Ubicación del proyecto en estudio**

Respecto a la empresa ejecutante del proyecto, esta cuenta con una amplia gama de productos para riego tecnificado, con emisores de riego por goteo, micro-aspersión y aspersión para los rubros agrícola y minero. En el país, han instalado equipos de riego en más de 3 000 ha durante los últimos 3 años, en cultivos de caña de azúcar con riego por goteo enterrado (sub-superficial) y en riego superficial en palto, uva de mesa, arándanos, banano y hortalizas.

### **3.2. Materiales y equipos**

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Manómetros calibrados.
- Caudalímetro para medir caudales en la entrada de los turnos de riego.
- Conectores Cinta / Manguera y Cinta / Cinta por si necesitamos cortar la cinta en la evaluación.
- Trozos de manguera ciega para conectar con la unión roscada donde se hallará el manómetro.
- Adaptadores tipo bushing de ½” RM x ¼” RH para la colocación del manómetro en la entrada del lateral de riego.
- Probeta para medir el volumen de agua en un tiempo determinado.
- Cronómetro.
- Plotter HP DesignJet 800.

Además se usaron el software estadístico R, la hoja de cálculo MS Excel el programa Surfer 13 desarrollador de isolíneas.








### **3.3. Metodología**

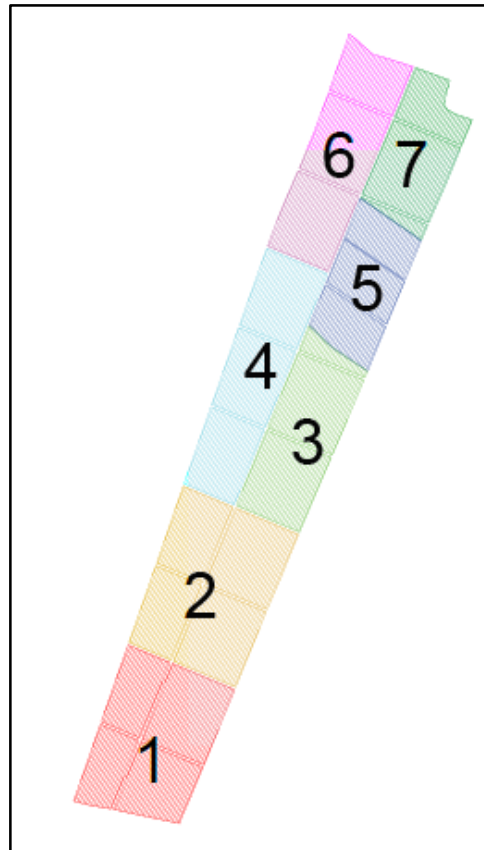
#### **3.3.1. Riego por goteo en el Proyecto «Agrícola Huarmey»**

El lugar elegido para la ejecución de la presente investigación es el Proyecto «Agrícola Huarmey», ubicado en el distrito de Huarmey, provincia de Huarmey y departamento de Áncash. Este proyecto consistió en la puesta en marcha de un sistema de riego mediante el uso de cinta de goteo para espárrago. Dicho proyecto cuenta con un área utilizada de 21.04 ha. La empresa se encargó del diseño, instalación y supervisión hasta su puesta en marcha.

El sistema de riego está diseñado para distribuir agua en siete turnos al día, tal como se aprecia en la Figura 8, los cuales abarcan desde 2.09 ha a 4.16 ha como máximo, cada uno de 2.65 horas disponibles para regar (indicado en la Tabla 7), entregando una lámina de 6 mm/día al cultivo, regando un total de 18.53 horas al día. Se diseñó con una capacidad de riego (CR) de 22.67m<sup>3</sup>/hora/ha indicado en la Tabla 8, en cuanto al orden por turnos de regado, este es a elección del usuario.

**Tabla 7: Distribución de áreas y caudales en el proyecto**

| CUADRO DE AREAS Y CAUDALES  |          |            |                             |               |
|---|----------|------------|-----------------------------|---------------|
| TURNOS  |          | AREA (has) | CAUDAL (m <sup>3</sup> /hr) | T. RIEGO (hr) |
|  | TURNO 01 | 3.61       | 81.85                       | 2.65          |
|  | TURNO 02 | 4.16       | 94.21                       | 2.65          |
|  | TURNO 03 | 2.70       | 61.27                       | 2.65          |
|  | TURNO 04 | 3.18       | 72.13                       | 2.65          |
|  | TURNO 05 | 2.14       | 48.61                       | 2.65          |
|  | TURNO 06 | 3.15       | 71.37                       | 2.65          |
|  | TURNO 07 | 2.09       | 47.47                       | 2.65          |
| TOTAL   |          | 21.04      |                             | 18.53         |



**Figura 1. Esquema distribución de turnos de riego**

A continuación, se mencionan otras características del proyecto:

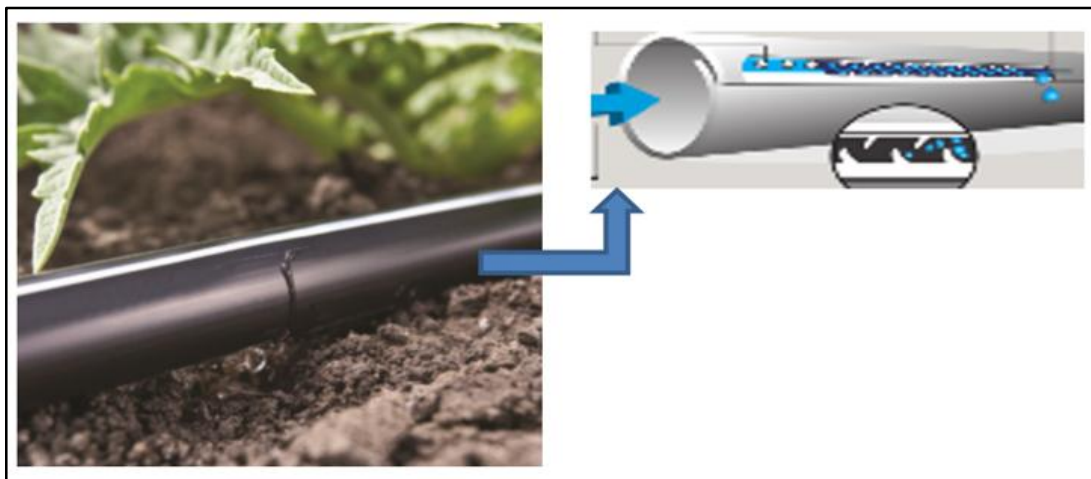
- El proyecto cuenta con automatización manual, además de contar con 2 mangueras por hilera, y tener las 24 horas disponibles para riego.

- El proyecto cuenta con tanques de fertilización de 1 100 litros.
- La cinta de riego cuenta con un diámetro de 16 mm y un espesor de 15 mil. Además, el caudal emisor es de 1.02 l/h y tiene un distanciamiento de 0.3 m.
- Se tiene como turno crítico al turno número 7 ya que, de acuerdo a la distancia, es el más lejano a la toma o hidrante de agua.

Se detalla gráficamente el sistema de riego en el Anexo 22.

### 3.3.2. Lateral de riego utilizado en el proyecto «Agrícola Huarmey»

Los goteros empleados en el proyecto de riego mediante el uso de cinta de goteo para espárrago, en el Proyecto «Agrícola Huarmey» tiene la configuración de laberinto interno para que, con el paso del agua, se pueda quedar cualquier material sólido suspendido que perjudique al gotero provocándole el taponamiento, (Figura 9).



**Figura 8. Gotero CINTA T-TAPE 515-30-340**

T-Tape Modelo 515-30-340 (descripción abreviada de la cinta anteriormente mencionada) son empleados en suelos pesados o pedregosos, con problemas de insectos, donde las cintas son trasladadas o reutilizadas durante varias temporadas.

Estos goteros cuentan con múltiples filtros cuadrados de entrada siendo parte de la pared de la cinta. Esto significa que cuentan con una filtración eficiente y con una alta reducción de taponamiento.

### 3.3.3. Características del diseño agronómico del sistema

A continuación, se detalla el diseño agronómico del proyecto usando la Cinta T-TAPE 515-30-340 en función del cultivo (Tabla 8):

**Tabla 8: Características de la cinta T-TAPE 515-30-340 en función del cultivo de espárrago**

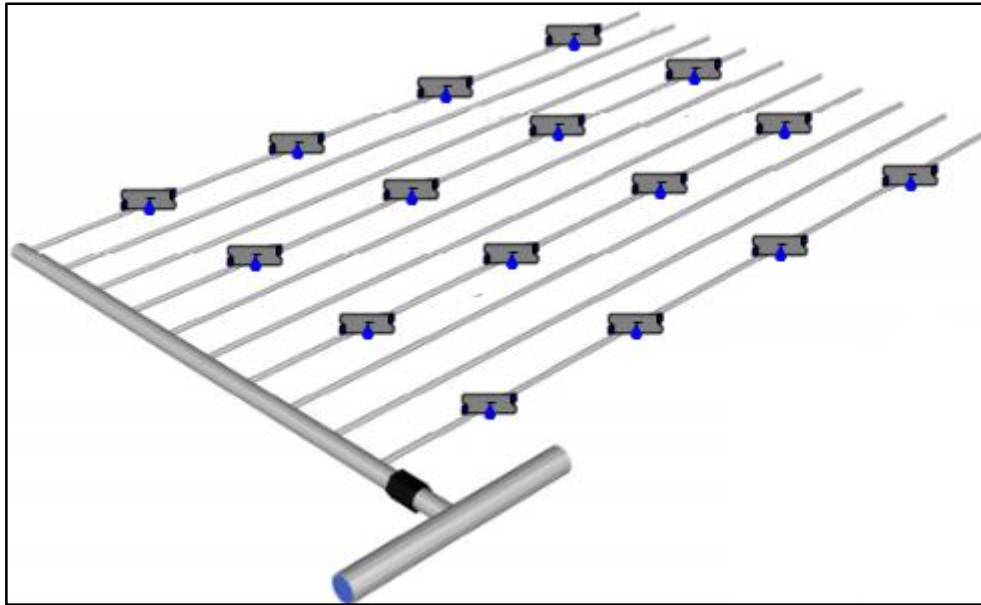
| <b>Diseño Agronómico</b>          |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| Cultivo                           | Espárrago              |
| D. Hileras (m)                    | 3.0                    |
| Lateral                           | T-TAPE 515 - 30 - 340. |
| Nº Mangueras                      | 2                      |
| Caudal gotero (l/hr)              | 1.02                   |
| Distanciamiento entre goteros (m) | 0.3                    |
| C.R. (m <sup>3</sup> /hr/ha)      | 22.67                  |
| Horas riego (hr)                  | 18.53                  |
| Turnos                            | 7                      |
| Lámina de Riego (mm/día)          | 6.0                    |

### 3.3.4. Fase de campo

Para calcular el coeficiente de uniformidad necesitamos encontrar el caudal del gotero, para ello debemos de tomar muestras en puntos representativos.

En el presente estudio se realizó la metodología como lo indica Proaño, tomándose y dividiéndose los laterales entre 4, obteniendo por lateral 4 puntos muestrales, tal como indica, que dan como resultado un total de 16 puntos por turno o sentido de riego, (ver Figura 10).

Para ello necesitamos, en primer lugar, conseguir las presiones de diseño en el cabezal, presiones a las cuales el proyecto trabaja en óptimas condiciones. Así, con la ayuda del manómetro, llegar a la medida de presión indicada por el plano de diseño, a este proceso se le denomina calibración de una válvula.



**Figura 9. Punto de muestreo de aforos**

En segundo lugar necesitamos calibrar las válvulas de los arcos de riego a evaluar, turno por turno; con la ayuda del manómetro encontraremos la presión de diseño y podremos dar inicio al cálculo de los volúmenes controlados en un tiempo determinado.



**Figura 10. Calibración de válvula**

Una vez encontrada la presión de diseño del sistema procedemos con la probeta a medir los volúmenes que sale en un gotero de riego durante un minuto; para el presente estudio se midieron tres tomas por punto a evaluar para encontrar una estadística más representativa

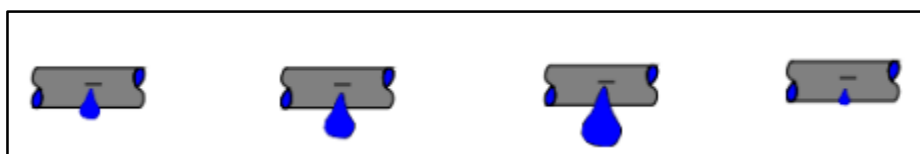
con la realidad (Figura 12), podremos apreciar la uniformidad en los volúmenes conforme vayamos tomando las mediciones indicadas anteriormente (Figura 13).



**Figura 11. Muestreo de volúmenes**

El total de turnos evaluados fueron siete, realizándose la labor de tres turnos por día. Finalmente, se ingresó la data a las tablas de apoyo con el fin de seguir con el procesamiento de los datos.

La jornada de toma de caudales para ésta evaluación se hizo al inicio y al final de la cosecha para poder evaluar el sistema recién instalado y después de seis meses de operación; con ello podremos obtener alguna comparación del sistema y evaluar si la diferencia es significativa o no.



**Figura 12. Ilustración de la diferencia de volumen en las muestras**

### **3.3.5. Fase de gabinete**

Se recopilan los datos y podremos evaluar bajo estadística el coeficiente de uniformidad, el coeficiente de variación total en los caudales y con ello poder comparar con la uniformidad que nos da la fábrica creadora de dichas cintas para así discutir al respecto. A continuación detallaremos las variables de estudio:

a. Caudal promedio:

Es el valor numérico que resulta de promediar todos los caudales de los puntos evaluados según la siguiente fórmula:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$$

Donde:

- Q: Caudal Promedio.
- $q_i$ : Caudal de la muestra.
- n: Número de muestras.

b. Coeficiente de uniformidad:

Es el coeficiente que relaciona la uniformidad en cada uno de los puntos de riego del sistema de riego tecnificado a evaluar. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$CU = \frac{Q_{25}}{\bar{Q}}$$

Donde:

- CU: Coeficiente de uniformidad.
- Q: Caudal promedio.
- $Q_{25}$ : Promedio del cuarto inferior de los caudales muestreados.

c. Coeficiente de variación total:

Relaciona los promedios de los caudales con su variancia y se calcula con la fórmula:

$$CV = \frac{\overline{\sigma(q)}}{\bar{Q}}$$

Donde:

- CV: Coeficiente de variación total.
- Q: Caudal promedio.
- $\sigma(q)$ : Promedio de la desviación estándar de los caudales muestreados.



Para evaluar los caudales y presiones encontrados en campo con lo que determina la fábrica como recomendable, tenemos que comparar con nuestros resultados con las fichas técnicas que se detallan en el Anexo 01 y 02 del presente trabajo.

### 3.3.6. Análisis estadístico

En la etapa de análisis se procedió con diversas técnicas de análisis descriptivos para la presentación de las tablas de resultado, lo cual se efectuó con la hoja de cálculo MS Excel. En el caso de la comparación de los promedios de las variables analizadas con respecto al momento de la evaluación, se procedió a una prueba de diferencias de medias T-Student, la cual se efectuó mediante el software estadístico R. La fórmula del estadístico para la toma de decisión es:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{X_1 X_2} \cdot \sqrt{\frac{2}{n}}}$$

$$S_{X_1 X_2} = \sqrt{\frac{1}{2}(S_{X_1}^2 + S_{X_2}^2)},$$

Dónde:

$X_1$  y  $X_2$  son las 2 medias a comparar.

$n$  es el tamaño de la muestra.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis gráfico de la uniformidad de riego

Se graficó la distribución de caudales según su ubicación de acuerdo a coordenadas de referencia según el punto de ubicación de lateral tomado en todo el turno 07, se escogió dicho turno por ser el más alejado a la toma de agua teniendo esta la característica de ser el espacio más crítico del sistema. Con la ayuda del programa Surfer 13 pudimos esquematizar la variación de los caudales creando isolíneas uniendo puntos con el mismo caudal. Véase la Figura 14 y 15.

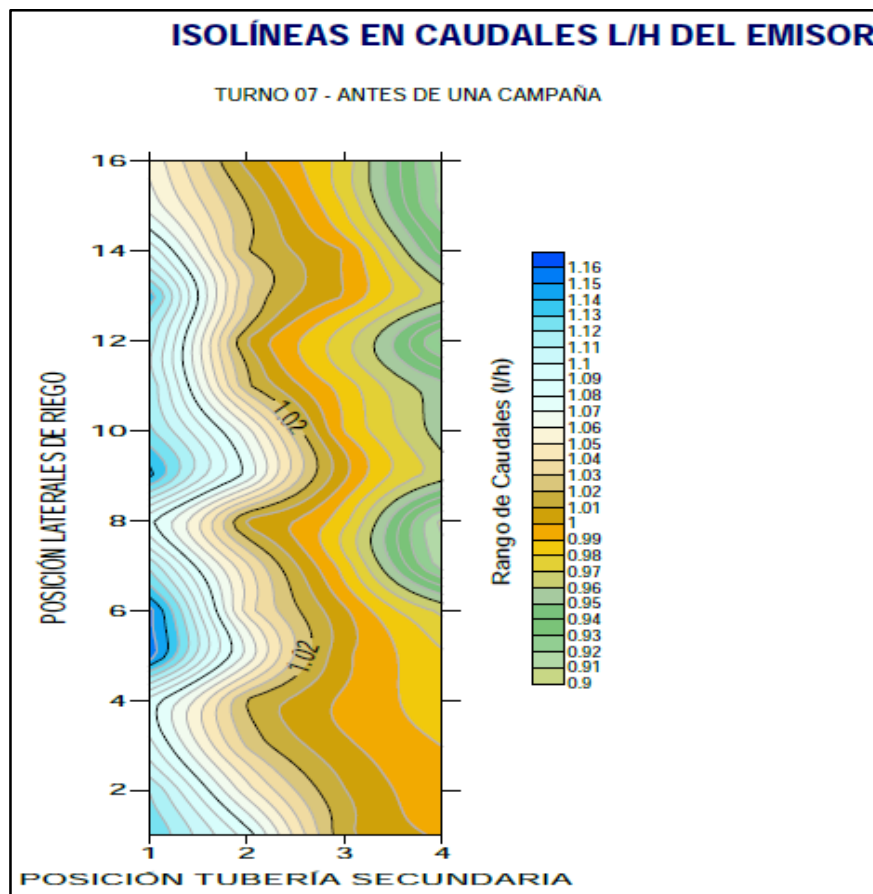
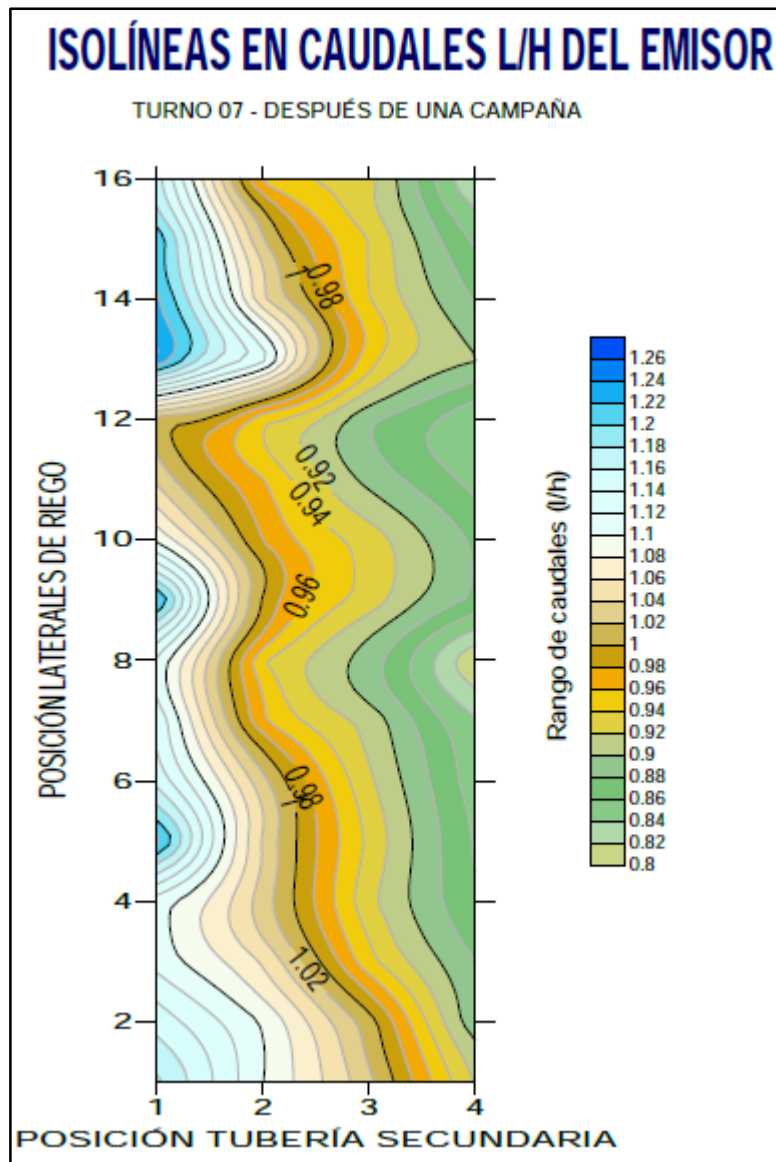


Figura 13. Isolíneas de caudales en el turno 07 al inicio

Fuente: Elaboración propia mediante herramienta informática *Surfer 2D Mapping*.



**Figura 14. Isolíneas de caudales en el turno 07 al final**

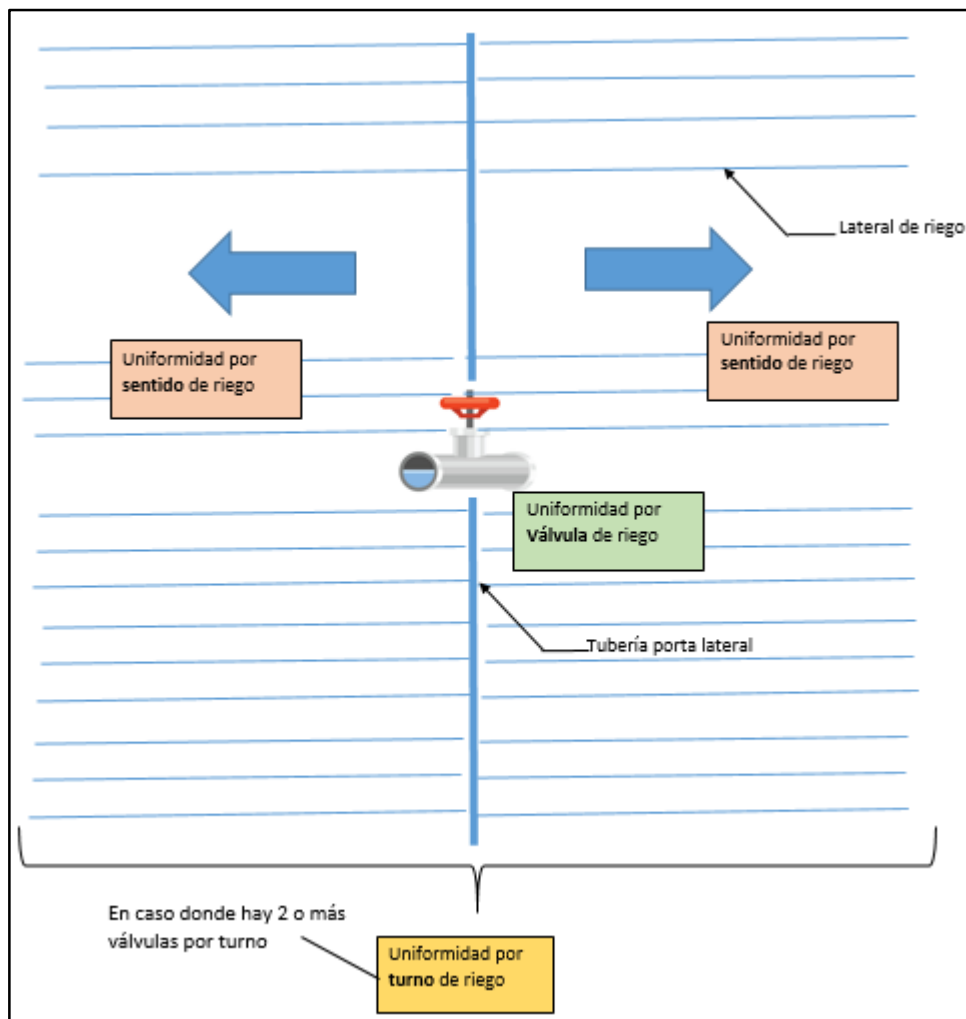
Fuente: Elaboración propia mediante herramienta informática *Surfer 2D Mapping*.

Se muestra una diferencia notoria en los contrastes de colores para la prueba de uniformidad después de la campaña debido a la variación en la uniformidad de riego, caso contrario al inicio muestra una uniformidad considerable, ya que, los colores cambian muy poco, en otras palabras, los caudales en los emisores son uniformes según el diseño.

Es por esta razón que se toma como medida evaluar la uniformidad a nivel de válvula, sentido de riego y turno de riego en el presente trabajo.

## 4.2. Resultados de la evaluación del Coeficiente de Uniformidad de riego en la instalación

La evaluación de los resultados de coeficiente se realizó a tres niveles, a nivel de válvula, a nivel de sentido y a nivel de cada uno de los turnos, una vez instalado el sistema de riego, al iniciar el ciclo productivo del cultivo y seis meses después, tal como lo indica la Figura 16.



**Figura 15. Uniformidades evaluadas**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1. Evaluación de la uniformidad a nivel de válvulas del sistema

Los resultados de la evaluación se encuentran representados en la Tabla 9.

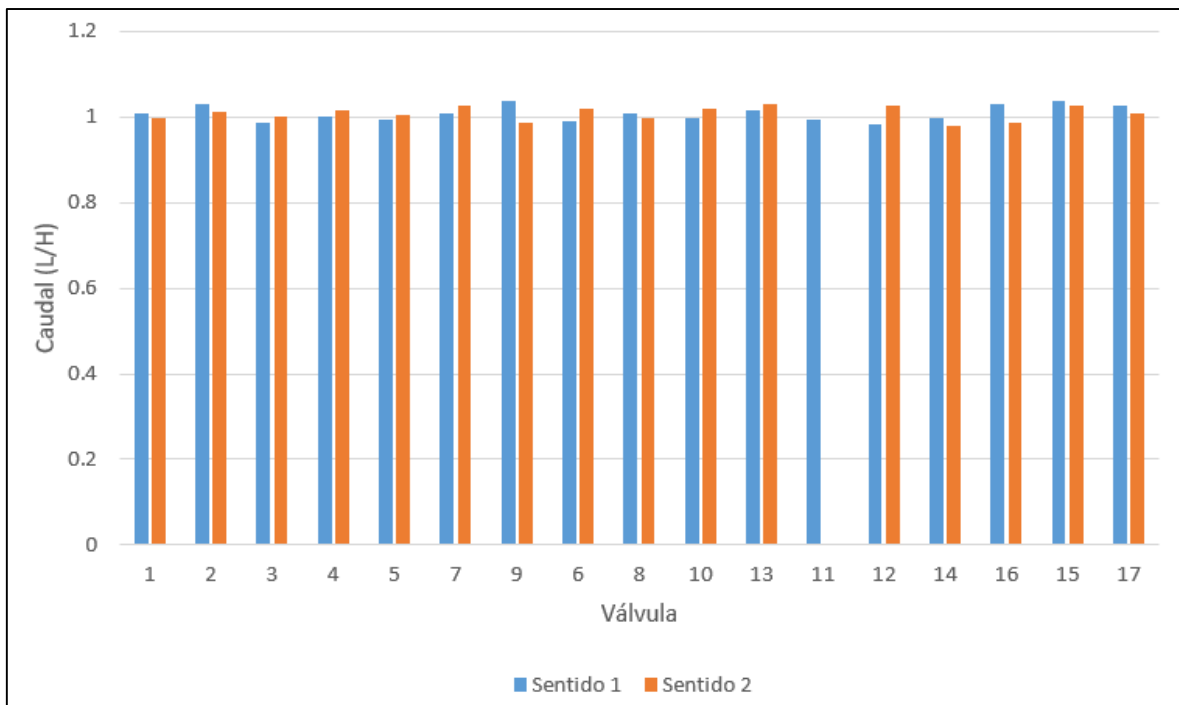
**Tabla 9: Evaluación de la uniformidad de riego por válvulas al inicio**

| Turno | Sentido | Válvula | Caudal PROM | Presión (MCA) | CU (%)       | CV            |
|-------|---------|---------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| 1     | 1       | 1       | 1.01        | 6.5           | 91.87        | 0.0726        |
|       |         | 2       | 1.03        | 7.5           | 92.94        | 0.0566        |
|       | 2       | 1       | 1.00        | 6.5           | 92.94        | 0.0578        |
|       |         | 2       | 1.01        | 7.5           | 93.35        | 0.0516        |
| 2     | 1       | 3       | 0.99        | 7.0           | 92.69        | 0.0624        |
|       |         | 4       | 1.00        | 6.0           | 93.14        | 0.0639        |
|       |         | 5       | 0.99        | 7.0           | 93.45        | 0.0534        |
|       | 2       | 3       | 1.00        | 7.0           | 91.73        | 0.0636        |
|       |         | 4       | 1.02        | 6.0           | 92.44        | 0.0659        |
|       |         | 5       | 1.01        | 7.0           | 92.33        | 0.0686        |
| 3     | 1       | 7       | 1.01        | 7.0           | 90.16        | 0.0734        |
|       |         | 9       | 1.04        | 7.0           | 93.46        | 0.0564        |
|       | 2       | 7       | 1.03        | 7.0           | 90.58        | 0.0761        |
|       |         | 9       | 0.99        | 7.0           | 93.04        | 0.0803        |
| 4     | 1       | 6       | 0.99        | 7.0           | 91.44        | 0.0738        |
|       |         | 8       | 1.01        | 7.5           | 94.24        | 0.0625        |
|       |         | 10      | 1.00        | 7.0           | 90.23        | 0.0865        |
|       | 2       | 6       | 1.02        | 7.0           | 93.46        | 0.0564        |
|       |         | 8       | 1.00        | 7.5           | 90.75        | 0.0774        |
|       |         | 10      | 1.02        | 7.0           | 93.35        | 0.0633        |
| 5     | 1       | 13      | 1.02        | 6.5           | 91.69        | 0.0619        |
|       |         | 11      | 0.99        | 6.5           | 93.26        | 0.0629        |
|       | 2       | 13      | 1.03        | 6.5           | 90.81        | 0.0686        |
| 6     | 1       | 12      | 0.98        | 7.0           | 92.99        | 0.0670        |
|       |         | 14      | 1.00        | 7.0           | 89.22        | 0.0877        |
|       |         | 16      | 1.03        | 5.5           | 90.64        | 0.0726        |
|       | 2       | 12      | 1.03        | 7.0           | 92.66        | 0.0599        |
|       |         | 14      | 0.98        | 7.0           | 92.54        | 0.0616        |
|       |         | 16      | 0.99        | 5.5           | 93.98        | 0.0553        |
| 7     | 1       | 15      | 1.04        | 5.5           | 95.54        | 0.0477        |
|       |         | 17      | 1.03        | 5.0           | 92.37        | 0.0697        |
|       | 2       | 15      | 1.03        | 5.5           | 91.86        | 0.0733        |
|       |         | 17      | 1.01        | 5.0           | 92.58        | 0.0616        |
|       |         |         | <b>1.01</b> | <b>6.62</b>   | <b>92.36</b> | <b>0.0655</b> |

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la uniformidad muestra que los valores fluctúan entre un 89.22% y 95.54%, lo cual corresponde al rango establecido de los valores recomendados que mencionan los autores en la revisión bibliográfica (Proaño, 2011 y Pizarro, 1996), sumado a que el valor promedio de los valores medidos de las válvulas en ambos sentidos es 92.36, el cual establece la buena uniformidad. Podemos ver que el caudal promedio de las válvulas, de la misma manera muestra una gran uniformidad al comprender valores promedios entre 0.97 y 1.03. De la misma manera el coeficiente de variación (CV) muestra valores conformes, esto es igualmente apropiado para un sistema de riego por goteo en las condiciones evaluadas acorde a los autores mencionados, (Proaño, 2011 y Pizarro, 1996).

La Figura 17 muestra el caudal de cada válvula por sentido de riego. El análisis por válvula nos permite determinar, en caso que existiera una uniformidad baja, los puntos más afectados debido a problemas en el diseño u obstrucciones que pueda presentar la red de riego; y acorde con lo mencionado por Fontela et al. (2009), la evaluación de la uniformidad de riego por válvulas en el presente estudio muestra claramente un diseño óptimo, así como un adecuado mantenimiento, lo cual a su vez puede significar que la evaluación se ha realizado con fecha próxima a la instalación inicial del sistema.



**Figura 16. Caudal de las válvulas según sentido de riego**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1. Evaluación de la uniformidad a nivel de sentidos de riego del sistema

Los resultados de la evaluación se encuentran representados en la Tabla 10. Las Figuras 18 y 19 muestran los caudales antes y después de la campaña productiva por sentido de riego.

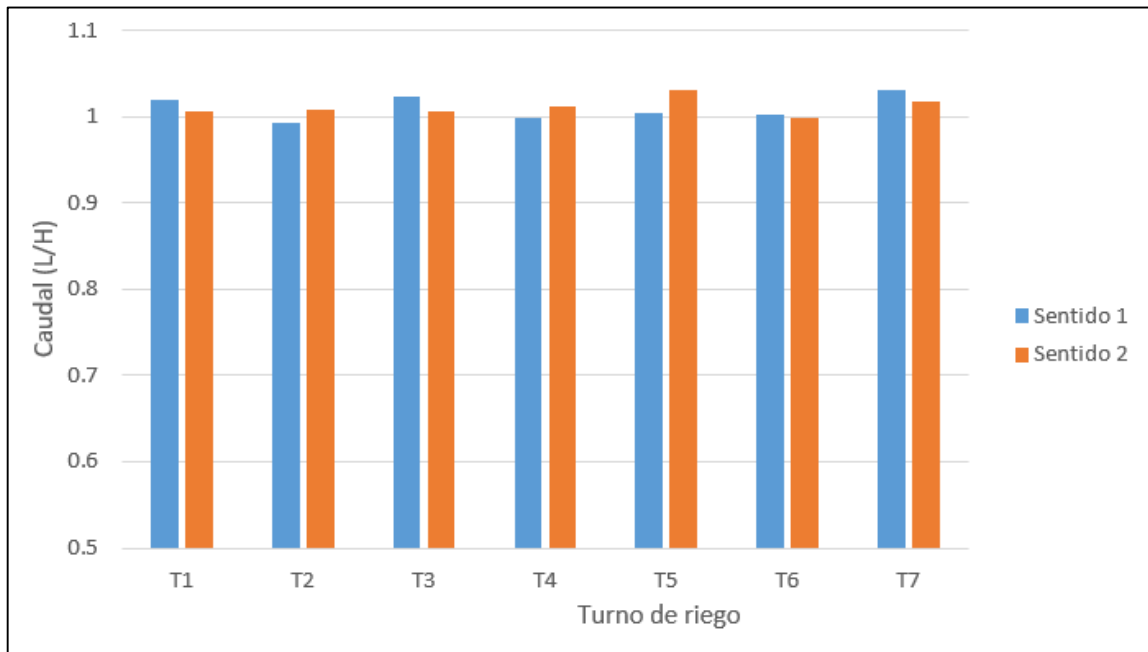
**Tabla 10: Resultados de la evaluación de la uniformidad de riego según el sentido establecido por turno al inicio.**

| Turno | Sentido | Caudal PROM | CU (%) | CV     |
|-------|---------|-------------|--------|--------|
| 1     | 1       | 1.02        | 91.72  | 0.0650 |
|       | 2       | 1.01        | 93.12  | 0.0545 |
| 2     | 1       | 0.99        | 92.41  | 0.0592 |
|       | 2       | 1.01        | 91.94  | 0.0649 |
| 3     | 1       | 1.02        | 91.20  | 0.0656 |
|       | 2       | 1.01        | 91.31  | 0.0793 |
| 4     | 1       | 1.00        | 91.48  | 0.0736 |
|       | 2       | 1.01        | 92.20  | 0.0655 |
| 5     | 1       | 1.00        | 92.47  | 0.0626 |
|       | 2       | 1.03        | 90.81  | 0.0707 |
| 6     | 1       | 1.00        | 90.51  | 0.0771 |
|       | 2       | 1.00        | 92.60  | 0.0616 |
| 7     | 1       | 1.03        | 93.55  | 0.0589 |
|       | 2       | 1.02        | 92.15  | 0.0673 |

Fuente: Elaboración propia.

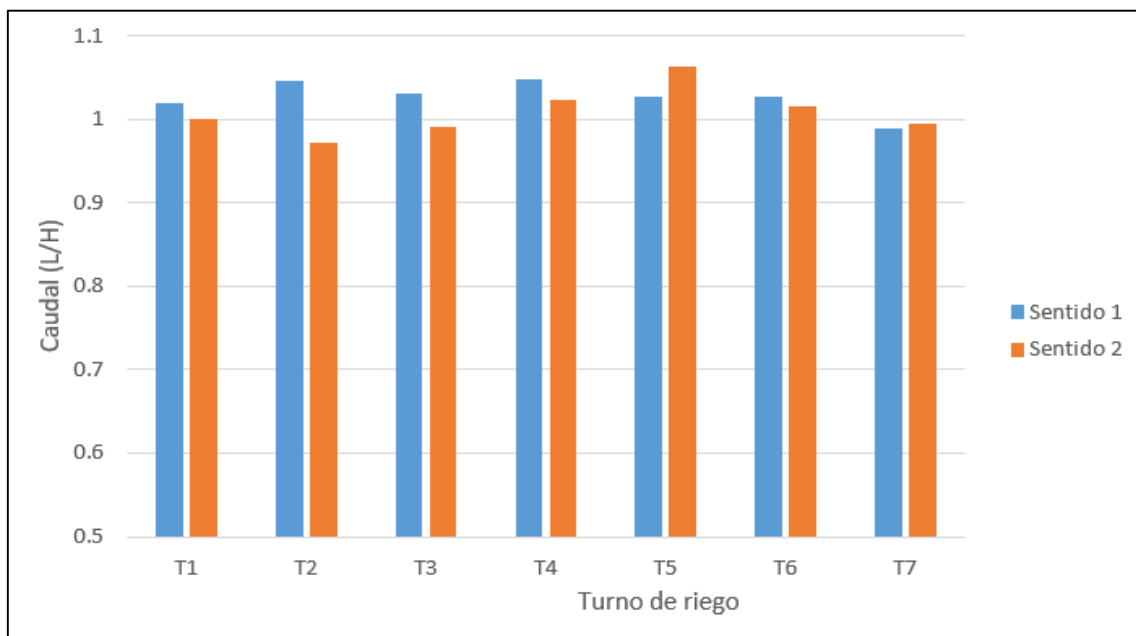
Mediante el análisis de la evaluación de la uniformidad de riego por sentido para cada turno nos permite determinar las causas de variación en el sentido, como son generalmente la presencia de pendientes, (Fontela et al., 2009 y Proaño, 2011). Analizando los valores obtenidos con respecto al valor numérico del coeficiente de uniformidad, podemos ver que en los turnos 2, 5 y 7; el sentido 1 presenta una mayor uniformidad de manera muy leve a la encontrada en el sentido 2; invirtiéndose esta diferencia en el turno 1, 3, 4 y 6. Esto lo podemos explicar analizando los goteros, que son los que presentan irregularidades, además se observa también en el plano que los turnos 2, 5 y 7 se encuentran a la derecha del sistema

pudiendo la pendiente se la causa de esta pequeña diferencia de uniformidad en los sentidos, que sin embargo no afectan el sistema, (Proaño, 2011).



**Figura 17. Caudal de los sentidos de riego antes de la campaña productiva**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 18. Caudal de los sentidos de riego después de la campaña productiva**

Fuente: Elaboración propia



Estos resultados nos indican que aunque hay pendientes en el sistema, estas no son tan pronunciadas y además el diseño de la red de riego se adapta efectivamente a las mismas, por lo que, el CU encontrado para cada uno de los casos es óptimo acorde a los autores consultados.

Los resultados de este análisis son acordes a lo encontrado por estudios como el de Villacorta (2017) que plantean diseños de sistema de riego por goteo en la costa del Perú y, manifiestan que las pendientes de los campos de cultivo son fáciles de manejar con un diseño adecuado y no afectan en medida significativa, tanto técnica como económicamente el desarrollo de sistemas de riego tecnificado.

#### 4.2.2. Evaluación de la uniformidad a nivel de turnos de riego del sistema

Los resultados de la evaluación se encuentran representados en la Tabla 11.

**Tabla 11 : Resultados de la evaluación de la uniformidad de riego de los turnos del sistema al inicio**

| <b>Turno</b> | <b>Caudal PROM</b> | <b>CU (%)</b> | <b>CV</b> |
|--------------|--------------------|---------------|-----------|
| 1            | 1.01               | 92.37         | 0.0599    |
| 2            | 1.00               | 93.44         | 0.0623    |
| 3            | 1.02               | 90.77         | 0.0726    |
| 4            | 1.00               | 91.77         | 0.0696    |
| 5            | 1.01               | 91.69         | 0.0660    |
| 6            | 1.00               | 91.55         | 0.0695    |
| 7            | 1.02               | 92.78         | 0.0631    |

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el presente análisis podemos observar que todos los turnos presentan un coeficiente de uniformidad mayor al 90%, sumado a un coeficiente de variabilidad total menor a 0.1, se establece con el suficiente sustento técnico que el sistema es óptimo con respecto a su diseño y estado, como se menciona en el marco teórico correspondiente, (Proaño, 2011 y Pizarro, 1996).

Acorde a lo manifestado por Fontela et al. (2009) el diseño del sistema no presenta problemas como, por ejemplo, un sub dimensionamiento para el área total de cultivo y las cantidad de plantaciones por hectárea; así como tampoco problemas de mantenimiento ni problemas en el diseño agronómico del sistema. De igual manera, el presente estudio es acorde con lo

encontrado por Villacorta (2017) que manifiesta que es posible diseñar un sistema de riego tecnificado eficiente en la costa del Perú que muestra valores óptimos en la uniformidad de riego y el cumplimiento de sus funciones.

Sin embargo diversos autores como Montañes (2016) y Cun et al. (2011) Manifiestan que en sistemas comerciales evaluados con un tiempo considerable de producción generalmente muestran en el 50% de las unidades sub evaluadas al menos una uniformidad inferior al 90%, lo cual se puede deber a un mal manejo de las instalaciones y a un diseño económico de la red de riego, lo cual contrasta con los hallazgos del presente estudio al lograr coeficientes óptimos de manera práctica. Reforzando lo que manifiesta Villacorta (2017) sobre la posibilidad de diseñar sistemas que se mantengan óptimos en sus funciones en la costa del Perú, Rodríguez y Puig (2012) en su investigación muestran que es posible alcanzar valores del 97% de uniformidad en sistemas de riego por goteo, diseñados e instalados de una manera adecuada.

#### **4.3. Análisis comparativo de la uniformidad de riego al inicio y el final del ciclo productivo del cultivo**

Una vez realizada la evaluación inicial del sistema de riego se procede con el análisis correspondiente para el momento final del ciclo productivo. La Tabla 11 muestra los resultados comparativos correspondientes a la evaluación inicial y final del sistema de riego, bajo una aplicación práctica de un cultivo de espárragos.

**Tabla 12: Análisis de la uniformidad promedio de los turnos de riego al principio y final del ciclo productivo del cultivo**

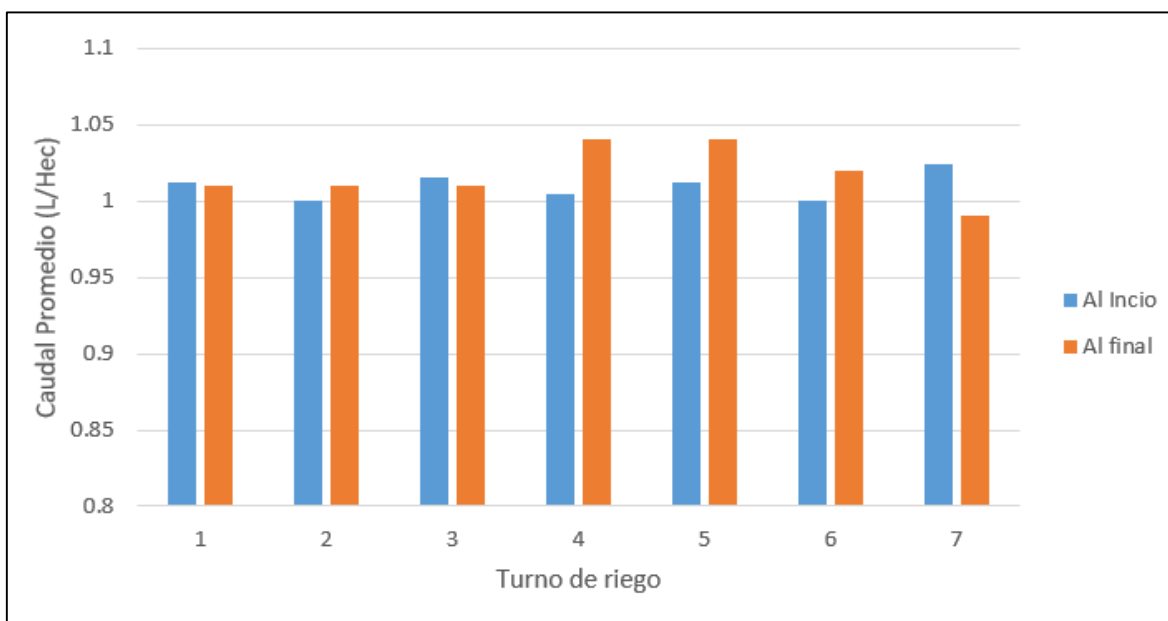
| <b>Tiempo de toma</b> | <b>CU</b>          | <b>CV</b>           |
|-----------------------|--------------------|---------------------|
| Inicial cultivo       | 92.05 <sup>a</sup> | 0.0660 <sup>a</sup> |
| Final cultivo         | 85.69 <sup>b</sup> | 0.1136 <sup>b</sup> |
| P-valor               | 0.000              | 0.000               |

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a, b</sup> Valores dentro de una columna con superíndice común no difieren significativamente ( $p > 0.05$ ).

El análisis muestra que en promedio la uniformidad de los turnos de riego es diferente estadísticamente de manera significativa ( $P < 0.05$ ) al inicio de la campaña productiva, así

como al final de la misma, que para el caso de los espárragos dura 6 meses. Dado que, como podemos ver, el análisis de diferencias de medias resulta en un p-valor muy pequeño, por lo tanto, podemos afirmar estadísticamente a un nivel de confianza del 95%, que las medias no son homogéneas. La Figura 20 muestra el caudal promedio por turno de riego antes y después de la campaña productiva, y se puede observar como existe una mayor variabilidad en el caudal al final de la campaña productiva, acorde a los índices mencionados anteriormente.



**Figura 19. Comparativo del caudal de los turnos de riego al inicio y final de la campaña productiva**

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 11 muestra que el CU promedio de los turnos de riego del sistema evaluado al inicio del cultivo (92.05%) es mayor numéricamente al obtenido al finalizar el cultivo (85.69%). Este resultado muestra que existe un desgaste en las cintas que conforman el sistema de riego, así como un posible efecto de la salinidad del agua por ubicarse muy cerca de la playa, tal como manifiesta Fontela et al. (2009) al ilustrar las causas de la disminución de la uniformidad de riego con el uso. De la misma manera, podemos observar que el CV presenta un menor valor numérico al inicio del cultivo, esta diferencia una vez analizada estadísticamente resulta significativa, por lo cual, se puede afirmar a un nivel de confianza del 95% que la variabilidad del sistema de riego se incrementa al final de la campaña productiva, acorde a los autores consultados que sustentan este coeficiente, (Proaño, 2011 y Pizarro, 1996).

Los resultados obtenidos en el presente análisis permiten establecer con un sustento estadístico - a un nivel de significancia del 95% - que la uniformidad de riego, correspondiente al sistema de riego evaluado en las condiciones presentes en el estudio, varían significativamente antes y después de una campaña comercial de espárragos en la costa peruana. Hay que tener en cuenta que el mantenimiento, uso e implementación del sistema han sido acordes a las instrucciones técnicas del fabricante. Cualquier deficiencia a este nivel no corresponden al alcance del presente estudio y no se puede determinar si influyen o no a los resultados obtenidos.

Ahora bien, comparando los resultados obtenidos con los que indica la fábrica creadora de la cinta de riego, podemos indicar que el proyecto fue diseñado para estar acorde con lo establecido en fábrica.

La información más actualizada que podemos obtener sobre la ficha técnica del producto es la que muestra a tiempo real en su interface EAUCADINET- Rivulis, ubicada en el Anexo 2 del presente trabajo. Se detalla que el coeficiente de uniformidad recomendable para la CINTA T-TAPE 515-30-340 es 86.062% en promedio, teniendo alta similitud con lo obtenido en campo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Bajo las condiciones en que fue realizado el presente estudio, se llegan a las siguientes conclusiones:

1. La evaluación de la uniformidad de riego, en el proyecto «Agrícola Huarmey», muestra a nivel de válvulas y turnos un coeficiente de variabilidad inferior al 0.1 en todos los casos al inicio y después de 6 meses, lo cual manifiesta un sistema con un diseño agronómico y técnico adecuado, con un mantenimiento acorde a lo establecido por Proaño (2011) y Pizarro (1996).
2. Se determinó un caudal promedio de 1.01 l/h en el sistema, para una presión promedio de 6.62m, valores que fueron utilizados en el análisis de uniformidad de riego.
3. Los resultados del análisis de la uniformidad de riego muestran un Coeficiente de Uniformidad (CU) promedio de 92.05% al inicio del periodo vegetativo y 85.67% después de seis meses de desarrollo del cultivo, con un Coeficiente de Variación (CV) de 0.0656 y 0.1142, respectivamente. Esta diferencia de coeficientes de uniformidad se atribuyen a la obstrucción o deterioro de los goteros durante el periodo vegetativo del cultivo.
4. El sistema muestra una uniformidad muy buena al inicio de la campaña 92.07% y comparado con lo especificado en las fichas técnicas del fabricante, se demuestra que existe concordancia entre lo diseñado y las especificaciones técnicas.

## **5.2. Recomendaciones**

En base a los resultados y conclusiones establecidas en el presente estudio, se recomienda:

1. Se recomienda tomar información de caudales al inicio, a mediados y al final del periodo vegetativo, para poder observar el comportamiento de los goteros y tomar las medidas correctivas.
2. Con el fin de tener una muestra más representativa se recomienda tomar más de 16 puntos por sentido de riego y turno en un proyecto.
3. Para el buen funcionamiento de todo sistema de riego es importante realizar el cálculo de la uniformidad de riego, para diferentes intervalos de tiempo a fin de que nos muestre la distribución de la humedad en la superficie irrigada.
4. Al tomar la muestra se recomienda terminar la evaluación de todo un turno por lo menos para que por tal tengan las mismas circunstancias en tiempo y espacio de la evaluación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROBANCO. 2013.      Tecnificación del riego. Revista Técnica Agropecuaria, 18.  
Obtenido                    de                    [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/REVISTA\\_AGROPECUARIA\\_8.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/REVISTA_AGROPECUARIA_8.pdf)
- Ascencios, D. 2012. Guía Técnica. Sistema de riego en el cultivo de espárragos. Áncash: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cruz, J. 2009. Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para Uva Italia. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cun, R., Puig, O., Morale, C., & Duarte, C. (2011). Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(1), 36-39.
- Fontela, C., & Morábito, J., & Maffei, J., & Salatino, S., & Mirábile, C., & Mastrantonio, L. (2009). Riego por goteo en Mendoza, Argentina: evaluación de la uniformidad del riego y del incremento de salinidad, sodicidad e iones cloruro en el suelo. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, XLI (1), 135-154.
- Gil, J., Khan, L., & Hernández, R. 2002. Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo. UDO Agrícola, 21, 64-72. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2221429.pdf>
- INEI. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario. Obtenido de <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- Ipesa Hidro S.A.C. 2018. Ipesa Hidro - Empresa en línea, sitio web. Consultado 07 jun. 2018. Disponible en <http://ipesahydro.com.pe/empresa/>
- Intwater. 2015. Las Bodas de Oro del Riego por Goteo. Revista Internacional de Agua y Riego, 351, 6-10. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de

<http://www.dmag.co.il/pub/shinar/revista/1-15/files/assets/common/downloads/publication.pdf>

Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olgúin, A. 2015. Riego por Goteo. San Juan, Argentina: Unidad para el Cambio Rural. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_por\\_goteo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf)

Ministerio de Agricultura. 2006. ¿Sabe usted qué es el Programa de Riego Tecnificado...? PSI - Programa de Riego Tecnificado, 15. Obtenido de [http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca\\_guias\\_programa\\_de\\_riego\\_tecnificado.pdf](http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_guias_programa_de_riego_tecnificado.pdf)

Montañez Tejeda, C. A. (2016). Evaluación, reestructuración e implementación del sistema de riego por goteo en cultivo de vid Campo Carmín-Agrícola Santiago Queirolo, Ica. Tesis de titulación UNALM. 283p.

Muñoz, R. 2001. Caracterización hidráulica de cuatro marcas de emisores para riego localizado comercializados en Chile. Talca: Universidad de Talca. Obtenido de <http://dspace.otalca.cl/retrieve/2967/rmu%C3%B1ozr.pdf>

Pastor, R., & Narro, Á. 2015. Evaluación del comportamiento hidráulico de doce modelos de goteros de bajo caudal. Anales Científicos, 762, 338-343.

Pizarro, F. 1996. Riegos Localizados de Alta Frecuencia RLAF. Goteo, Microaspersión, Exudación. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Pro Agro Bolivia. 2013. Riego tecnificado para uso más eficiente del agua en la agricultura. Pro Agro Bolivia, 1-11. Obtenido de <http://www.proagro-bolivia.org/wp-content/uploads/2016/04/Versio%CC%81n-externa-anexo-Riego-Tecnificado-para-uso-ma%CC%81s-eficiente-del-agua-en-la-agricultura.pdf>

Proaño, J. 2011. Curso sobre riego localizado. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador.

Rodríguez, R., y Puig, O. 2012. Comportamiento hidráulico de los sistemas de riego por goteo superficial y sub superficial. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21(3), 23-28.



Secretaría de la Reforma Agraria. 2012. Cuaderno de Alternativas de Desarrollo y Retos del Núcleo Agrario. México D.F.: Fideicomiso Fondo Nacional del Fomento Nacional.

SIAR - Limarf. 2010. Guía de evaluación de goteros para riego. Ovalle: SIAR. Obtenido de Guía de evaluación de goteros para riego: <https://es.scribd.com/document/312657439/Guia-de-evaluacion-de-goteros-para-Riego>

Universidad de Concepción. 2009. Emisores. Concepción: Centro del Agua para la Agricultura. Obtenido de <http://files.dlhingenieria.webnode.cl/200000091-26fbc29eaa/emisores%20.pdf>

Vélez-Sánchez, J., Camacho-Tamayo, J., & Álvarez-Herrera, J. 2013. Evaluación de goteros utilizados en microirrigación en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 72, 186-200. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v7n2/v7n2a05.pdf>

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo 1: Ficha técnica del equipo evaluado

### TECHNICAL DATA FOR JDW DRIP TAPES

metric units

| <b>T-TAPE Drip tape</b>                           |                      |              |              |               |              |            |           |                   |                     |               |                  |                           |                      |
|---|----------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|------------|-----------|-------------------|---------------------|---------------|------------------|---------------------------|----------------------|
|   | nom. FLOW<br>in 5.6m | DIA.<br>NOM. | DIA.<br>INT. | DRIP<br>COEF. | DRIP<br>EXP. | FLOW       | SAP SKU   | wall<br>thickness | Nominal<br>Pressure | Min.<br>Press | Max.<br>Pressure | max. flushing<br>pressure | SPACING<br>(nominal) |
|   | lph                  | mm           | mm           | for lph       |              | l/h / 100m |           | mil               | m                   | m             | m                | m                         | m                    |
| <b>T-TAPE Drip tape (for US market in metric)</b> |                      |              |              |               |              |            |           |                   |                     |               |                  |                           |                      |
| <b>STANDARD PRODUCT IN STOCK</b>                  |                      |              |              |               |              |            |           |                   |                     |               |                  |                           |                      |
| 505-20-250  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1873        | 0.58         | 250.0      | 101001471 | 5                 | 5.6                 | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.2032               |
| 505-20-375  | 0.75                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 375.0      | 101001473 | 5                 | 5.6                 | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.2032               |
| 505-20-500  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.3746        | 0.58         | 500.0      | 101001474 | 5                 | 5.6                 | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.2032               |
| 506-20-250  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1973        | 0.55         | 250.0      | 101001479 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.2032               |
| 506-20-380  | 0.75                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 380.0      | 101001480 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.2032               |
| 506-20-500  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 500.0      | 101001481 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.2032               |
| 506-30-170  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1973        | 0.55         | 170.0      | 101001482 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.3048               |
| 506-30-250  | 0.75                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 250.0      | 101001486 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.3048               |
| 506-30-340  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 340.0      | 101001488 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.3048               |
| 508-20-250  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1973        | 0.55         | 250.0      | 101001492 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.2032               |
| 508-20-500  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 500.0      | 101001494 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.2032               |
| 508-30-170  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1973        | 0.55         | 170.0      | 101001497 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.3048               |
| 508-30-250  | 0.75                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 250.0      | 101001499 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.3048               |
| 508-30-340  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 340.0      | 101001500 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.3048               |
| 510-30-340  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 340.0      | 101001515 | 10                | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 15.5                      | 0.3048               |
| 515-30-340  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 340.0      | 101001748 | 15                | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 23.2                      | 0.3048               |
| 706-30-170  | 0.51                 | 22           | 22.20        | 0.1973        | 0.55         | 170.0      | 101001523 | 6                 | 5.6                 | 2.8           | 5.6              | 7.0                       | 0.3048               |
| 708-20-250  | 0.51                 | 22           | 22.20        | 0.1973        | 0.55         | 250.0      | 101001534 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 8.5                       | 0.2032               |
| 708-30-170  | 0.51                 | 22           | 22.20        | 0.1973        | 0.55         | 170.0      | 101001538 | 8                 | 5.6                 | 2.8           | 7.0              | 8.5                       | 0.3048               |
| 710-30-170  | 0.51                 | 22           | 22.20        | 0.1973        | 0.55         | 170.0      | 101001546 | 10                | 5.6                 | 2.8           | 10.6             | 11.3                      | 0.3048               |
| <b>STANDARD PRODUCT LIMITED STOCK</b>             |                      |              |              |               |              |            |           |                   |                     |               |                  |                           |                      |
| 505-10-750  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2774        | 0.58         | 750        | 101001661 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.1016               |
| 505-15-170  | 0.252                | 16           | 15.90        | 0.083         | 0.65         | 170        | 101001662 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.1524               |
| 505-15-500  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2774        | 0.58         | 500        | 101001663 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.1524               |
| 505-20-125  | 0.25                 | 16           | 15.90        | 0.083         | 0.65         | 125        | 101001470 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.2032               |
| 505-20-340  | 0.68                 | 16           | 15.90        | 0.251         | 0.58         | 340        | 101001472 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.2032               |
| 505-23-110  | 0.25                 | 16           | 15.90        | 0.083         | 0.65         | 90         | 101001666 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.2286               |
| 505-30-170  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1871        | 0.58         | 170        | 101001475 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.3048               |
| 505-30-340  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.3746        | 0.58         | 340        | 101001477 | 5                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.8                       | 0.3048               |
| 506-10-750  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 750        | 101001675 | 6                 | 5.633803            | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.1016               |
| 506-15-340  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.2077        | 0.52         | 340        | 101001043 | 6                 | 5.633803            | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.1524               |
| 506-15-500  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 500        | 101001679 | 6                 | 5.633803            | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.1524               |
| 506-40-250  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 250        | 101001691 | 6                 | 5.633803            | 2.8           | 7.0              | 9.2                       | 0.4064               |
| 508-10-750  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 750        | 101001490 | 8                 | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.1016               |
| 508-20-380  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 380        | 101001669 | 8                 | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.2032               |
| 508-40-125  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1973        | 0.55         | 125        | 101001709 | 8                 | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.4064               |
| 508-40-250  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 250        | 101001712 | 8                 | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 12.7                      | 0.4064               |
| 510-20-500  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 500        | 101001511 | 10                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 15.5                      | 0.2032               |
| 510-30-170  | 0.51                 | 16           | 15.90        | 0.1973        | 0.55         | 170        | 101001512 | 10                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 15.5                      | 0.3048               |
| 510-40-250  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 250        | 101001727 | 10                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 15.5                      | 0.4064               |
| 510-60-356  | 2.11                 | 16           | 15.90        | 0.7965        | 0.5          | 350        | 101000941 | 10                | 7.042254            | 2.8           | 10.6             | 15.5                      | 0.6096               |
| 510-91-235  | 2.11                 | 16           | 15.90        | 0.7965        | 0.5          | 231        | 101000942 | 10                | 7.042254            | 2.8           | 10.6             | 15.5                      | 0.9144               |
| 512-30-340  | 1.02                 | 16           | 15.90        | 0.4301        | 0.5          | 340        | 101001738 | 12                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 18.3                      | 0.3048               |
| 515-20-380  | 0.76                 | 16           | 15.90        | 0.2924        | 0.55         | 373        | 101001744 | 15                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 23.2                      | 0.2032               |
| 706-15-170  | 0.25                 | 22           | 22.2         | 0.0819        | 0.65         | 170        | 101001767 | 6                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.0                       | 0.1524               |
| 706-30-250  | 0.76                 | 22           | 22.2         | 0.2924        | 0.55         | 250        | 101001530 | 6                 | 5.633803            | 2.8           | 5.6              | 7.0                       | 0.3048               |
| 708-30-250  | 0.76                 | 22           | 22.2         | 0.2924        | 0.55         | 250        | 101001542 | 8                 | 5.633803            | 2.8           | 7.0              | 8.5                       | 0.3048               |
| 708-30-340  | 1.02                 | 22           | 22.2         | 0.4301        | 0.5          | 340        | 101001543 | 8                 | 5.633803            | 2.8           | 7.0              | 8.5                       | 0.3048               |
| 710-15-340  | 0.51                 | 22           | 22.2         | 0.2077        | 0.52         | 340        | 101001049 | 10                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 11.3                      | 0.1524               |
| 710-20-250  | 0.51                 | 22           | 22.2         | 0.1973        | 0.55         | 250        | 101001544 | 10                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 11.3                      | 0.2032               |
| 710-30-340  | 1.02                 | 22           | 22.2         | 0.4301        | 0.5          | 340        | 101001554 | 10                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 11.3                      | 0.3048               |
| 715-30-170  | 0.51                 | 22           | 22.2         | 0.1973        | 0.55         | 170        | 101001656 | 15                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 16.2                      | 0.3048               |
| 715-20-250  | 0.51                 | 22           | 22.2         | 0.1973        | 0.55         | 250        | 101001805 | 15                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 16.2                      | 0.2032               |
| 715-30-250  | 0.76                 | 22           | 22.2         | 0.2924        | 0.55         | 250        | 101001814 | 15                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 16.2                      | 0.3048               |
| 715-30-340  | 1.02                 | 22           | 22.2         | 0.4301        | 0.5          | 340        | 101001815 | 15                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 16.2                      | 0.3048               |
| 715-40-210  | 0.85                 | 22           | 22.2         | 0.3269        | 0.55         | 210        | 101001817 | 15                | 5.633803            | 2.8           | 10.6             | 16.2                      | 0.4064               |

FOR INTERNAL USE ONLY

NOT TO BE CIRCULATED

16-08-11g3-T-tape USA for print.xlsx

## Anexo 2: Ficha técnica en línea de la fábrica RIVULIS IRRIGATION



File Settings Tools Language Help

Diseño del lateral | Diseño de la línea secundaria | Diseño de la línea madre | Diseño de irrigación | EDC | Tables | 3DChart | Filtering

Cálculo de pérdida de carga | D.W | Tipo de uniformidad de emisión | Clásico | Velocidad de purga | 0.000 (m/s) | Definir pendientes | Modelo de usuario | Reset |  Mostrar reporte

Integrado  Cliente  
Emisor 19

Lateral T-TAPE 515-30-340 10

Presión de entrada 7.576 (m) Diámetro interno 15.875 (mm) Espaciamiento 0.305 (m) P (mín) 2.800 (m) P (máx) 10.5 (m)

Cálculo del lateral | Diseño de un solo lateral

Presión nominal 5.605 (m) Caudal nominal 1.018 (lph)

Longitud del lateral 185.00 (m) d de emisión (EU) 86.062 (%)

Velocidad máxima 0.793 (m/s) Pérdida de carga total 3.758 (m) Caudal total 0.565 (m³/h) Du 0.903 Pmin 3.802 Pmax 7.571

**Anexo 3: Fotos de la toma de datos**



**Evaluación de la presión a la entrada del lateral de riego**



**Toma de volúmenes en los puntos de muestra**

### **Calibración de las válvulas en el arco de riego por turno**



### **Toma de las muestras en las cintas de riego**



## Toma de las muestras en las cintas de riego



## Cabezal del sistema de riego tecnificado

**Anexo 4: Corrida estadística en el software SPSS para diferencia de medias**

**Prueba de muestras independientes**

prueba t para la igualdad de medias

|           |                                | Sig.<br>(bilateral) | Diferencia de<br>medias | Diferencia de<br>error estándar | 95% de<br>intervalo de<br>confianza de<br>la diferencia<br><br>Inferior |
|-----------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| <b>Cv</b> | Se asumen varianzas iguales    | <b>,000</b>         | -,0485857               | ,0027843                        | -,0546523   |
|           | No se asumen varianzas iguales | <b>,000</b>         | -,0485857               | ,0027843                        | -,0546647   |
| <b>CU</b> | Se asumen varianzas iguales    | <b>,000</b>         | 6,51000                 | ,50592                          | 5,40770   |
|           | No se asumen varianzas iguales | <b>,000</b>         | 6,51000                 | ,50592                          | 5,40508   |

**Prueba de muestras independientes**

prueba t para la igualdad de medias

95% de intervalo de confianza de la diferencia



---

**Prueba de muestras independientes**

---

|           |                                | Superior  |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| <b>Cv</b> | Se asumen varianzas iguales    | -,0425191 |
|           | No se asumen varianzas iguales | -,0425068 |
| <b>CU</b> | Se asumen varianzas iguales    | 7,61230   |
|           | No se asumen varianzas iguales | 7,61492   |

---

**Anexo 5: Datos del turno 1 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 1      | Lateral 1      | P1            | 19.17                    |
|                |                |                | P2            | 16.07                    |
|                |                |                | P3            | 16.10                    |
|                |                |                | P4            | 17.50                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.30                    |
|                |                |                | P2            | 18.03                    |
|                |                |                | P3            | 15.90                    |
|                |                |                | P4            | 17.33                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 18.00                    |
|                |                |                | P2            | 15.27                    |
|                |                |                | P3            | 14.93                    |
|                |                |                | P4            | 16.97                    |
|                | Lateral 4      | P1             | 18.43         |                          |
|                |                | P2             | 15.73         |                          |
|                |                | P3             | 15.73         |                          |
|                |                | P4             | 17.03         |                          |
|                | Válvula 2      | Lateral 1      | P1            | 18.87                    |
|                |                |                | P2            | 17.43                    |
|                |                |                | P3            | 17.10                    |
|                |                |                | P4            | 18.50                    |
| Lateral 2      |                | P1             | 16.93         |                          |
|                |                | P2             | 15.67         |                          |
|                |                | P3             | 15.30         |                          |
|                |                | P4             | 18.40         |                          |
| Lateral 3      |                | P1             | 17.27         |                          |
|                |                | P2             | 17.00         |                          |
|                |                | P3             | 17.93         |                          |
|                |                | P4             | 16.57         |                          |
| Lateral 4      | P1             | 17.53          |               |                          |
|                | P2             | 16.63          |               |                          |
|                | P3             | 17.40          |               |                          |
|                | P4             | 16.33          |               |                          |
| Sentido 2      | Válvula 1      | Lateral 1      | P1            | 16.93                    |
|                |                |                | P2            | 16.70                    |
|                |                |                | P3            | 15.70                    |
|                |                |                | P4            | 16.30                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.27                    |
|                |                |                | P2            | 15.73                    |
|                |                |                | P3            | 15.40                    |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom<br/>(ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
|                |                |                | P4            | 17.13                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.23                        |
|                |                |                | P2            | 14.97                        |
|                |                |                | P3            | 17.83                        |
|                |                |                | P4            | 16.60                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.73                        |
|                |                |                | P2            | 16.00                        |
|                |                |                | P3            | 17.53                        |
|                |                |                | P4            | 15.90                        |
|                | Válvula 2      | Lateral 1      | P1            | 17.20                        |
|                |                |                | P2            | 17.77                        |
|                |                |                | P3            | 18.00                        |
|                |                |                | P4            | 16.17                        |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.60                        |
|                |                |                | P2            | 15.77                        |
|                |                |                | P3            | 16.63                        |
|                |                |                | P4            | 16.77                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 15.57                        |
|                |                |                | P2            | 18.03                        |
|                |                |                | P3            | 15.93                        |
|                |                |                | P4            | 17.17                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.03                        |
|                |                |                | P2            | 15.80                        |
|                |                |                | P3            | 18.03                        |
|                |                |                | P4            | 17.77                        |

**Anexo 6: Datos del turno 2 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 3      | Lateral 1      | P1            | 17.37                        |
|                |                |                | P2            | 17.47                        |
|                |                |                | P3            | 15.60                        |
|                |                |                | P4            | 16.80                        |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.80                        |
|                |                |                | P2            | 15.43                        |
|                |                |                | P3            | 15.00                        |
|                |                |                | P4            | 15.23                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 15.50                        |
|                |                |                | P2            | 18.17                        |
|                |                |                | P3            | 15.23                        |
|                |                |                | P4            | 15.97                        |
|                | Lateral 4      | P1             | 16.13         |                              |
|                |                | P2             | 17.63         |                              |
|                |                | P3             | 17.33         |                              |
|                |                | P4             | 17.13         |                              |
|                | Válvula 4      | Lateral 1      | P1            | 17.27                        |
|                |                |                | P2            | 16.63                        |
|                |                |                | P3            | 16.50                        |
|                |                |                | P4            | 18.30                        |
| Lateral 2      |                | P1             | 16.33         |                              |
|                |                | P2             | 18.27         |                              |
|                |                | P3             | 15.60         |                              |
|                |                | P4             | 17.30         |                              |
| Lateral 3      |                | P1             | 16.97         |                              |
|                |                | P2             | 17.50         |                              |
|                |                | P3             | 18.33         |                              |
|                |                | P4             | 15.87         |                              |
| Lateral 4      | P1             | 15.93          |               |                              |
|                | P2             | 15.33          |               |                              |
|                | P3             | 15.00          |               |                              |
|                | P4             | 15.93          |               |                              |
| Válvula 5      | Lateral 1      | P1             | 16.27         |                              |
|                |                | P2             | 17.43         |                              |
|                |                | P3             | 16.80         |                              |
|                |                | P4             | 16.20         |                              |
|                | Lateral 2      | P1             | 16.93         |                              |
|                |                | P2             | 15.67         |                              |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra promedio (ml)</b> |       |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|-------|
| Sentido 2      | Válvula 3      | Lateral 1      | P3            | 18.00                        |       |
|                |                |                | P4            | 16.20                        |       |
|                |                |                | Lateral 3     | P1                           | 16.27 |
|                |                |                |               | P2                           | 17.60 |
|                |                | P3             |               | 15.33                        |       |
|                |                | P4             |               | 16.87                        |       |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 16.83                        |       |
|                |                |                | P2            | 17.63                        |       |
|                |                |                | P3            | 14.70                        |       |
|                |                |                | P4            | 16.23                        |       |
|                |                | Válvula 4      | Lateral 1     | P1                           | 16.87 |
|                |                |                |               | P2                           | 17.57 |
|                | P3             |                |               | 16.20                        |       |
|                | P4             |                |               | 18.40                        |       |
|                | Lateral 2      |                | P1            | 17.20                        |       |
|                |                |                | P2            | 17.93                        |       |
|                |                |                | P3            | 15.20                        |       |
|                |                |                | P4            | 14.83                        |       |
|                | Lateral 3      | P1             | 17.20         |                              |       |
|                |                | P2             | 17.07         |                              |       |
| P3             |                | 15.73          |               |                              |       |
| P4             |                | 18.07          |               |                              |       |
| Lateral 4      | P1             | 16.93          |               |                              |       |
|                | P2             | 16.83          |               |                              |       |
|                | P3             | 15.63          |               |                              |       |
|                | P4             | 15.63          |               |                              |       |
| Válvula 4      | Lateral 1      | P1             | 16.37         |                              |       |
|                |                | P2             | 17.63         |                              |       |
|                |                | P3             | 17.60         |                              |       |
|                |                | P4             | 16.20         |                              |       |
|                | Lateral 2      | P1             | 16.23         |                              |       |
|                |                | P2             | 18.67         |                              |       |
|                |                | P3             | 17.80         |                              |       |
|                |                | P4             | 17.00         |                              |       |
|                | Lateral 3      | P1             | 19.17         |                              |       |
|                |                | P2             | 16.40         |                              |       |
|                |                | P3             | 17.73         |                              |       |
|                |                | P4             | 15.27         |                              |       |
| Lateral 4      | P1             | 17.13          |               |                              |       |
|                | P2             | 16.53          |               |                              |       |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
|                |                |                | P3            | 15.60                        |
|                |                |                | P4            | 15.53                        |
|                |                | Lateral 1      | P1            | 18.67                        |
|                |                |                | P2            | 17.23                        |
|                |                |                | P3            | 15.90                        |
|                |                |                | P4            | 15.60                        |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.43                        |
|                |                |                | P2            | 16.27                        |
|                |                |                | P3            | 17.10                        |
|                |                |                | P4            | 18.40                        |
|                | Válvula 5      | Lateral 3      | P1            | 16.37                        |
|                |                |                | P2            | 18.10                        |
|                |                |                | P3            | 18.23                        |
|                |                |                | P4            | 15.57                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 16.03                        |
|                |                |                | P2            | 16.03                        |
|                |                |                | P3            | 17.40                        |
|                |                |                | P4            | 14.83                        |

**Anexo 7: Datos del turno 3 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 7      | Lateral 1      | P1            | 18.07                    |
|                |                |                | P2            | 16.53                    |
|                |                |                | P3            | 15.10                    |
|                |                |                | P4            | 15.17                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.27                    |
|                |                |                | P2            | 18.13                    |
|                |                |                | P3            | 16.03                    |
|                |                |                | P4            | 14.87                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.27                    |
|                |                |                | P2            | 18.33                    |
|                |                |                | P3            | 17.33                    |
|                |                |                | P4            | 17.50                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 18.77                    |
|                |                |                | P2            | 17.53                    |
|                |                |                | P3            | 15.57                    |
|                |                |                | P4            | 16.83                    |
|                | Válvula 9      | Lateral 1      | P1            | 17.60                    |
|                |                |                | P2            | 18.90                    |
|                |                |                | P3            | 18.33                    |
|                |                |                | P4            | 17.87                    |
| Lateral 2      |                | P1             | 17.53         |                          |
|                |                | P2             | 16.60         |                          |
|                |                | P3             | 17.90         |                          |
|                |                | P4             | 16.57         |                          |
| Lateral 3      |                | P1             | 19.00         |                          |
|                |                | P2             | 16.77         |                          |
|                |                | P3             | 17.50         |                          |
|                |                | P4             | 16.73         |                          |
| Lateral 4      |                | P1             | 16.93         |                          |
|                |                | P2             | 16.93         |                          |
|                |                | P3             | 15.57         |                          |
|                |                | P4             | 15.90         |                          |
| Sentido 2      | Válvula 7      | Lateral 1      | P1            | 18.97                    |
|                |                |                | P2            | 17.40                    |
|                |                |                | P3            | 16.07                    |
|                |                |                | P4            | 17.00                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.80                    |
|                |                |                | P2            | 19.40                    |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom<br/>(ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
|                |                |                | P3            | 16.50                        |
|                |                |                | P4            | 17.00                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 15.70                        |
|                |                |                | P2            | 18.07                        |
|                |                |                | P3            | 16.50                        |
|                |                |                | P4            | 15.20                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.27                        |
|                |                |                | P2            | 16.77                        |
|                |                |                | P3            | 14.97                        |
|                |                |                | P4            | 17.90                        |
|                | Válvula 9      | Lateral 1      | P1            | 17.97                        |
|                |                |                | P2            | 15.47                        |
|                |                |                | P3            | 15.57                        |
|                |                |                | P4            | 15.53                        |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 19.50                        |
|                |                |                | P2            | 16.83                        |
|                |                |                | P3            | 16.10                        |
|                |                |                | P4            | 15.60                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.83                        |
|                |                |                | P2            | 17.73                        |
|                |                |                | P3            | 15.00                        |
|                |                |                | P4            | 15.60                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.87                        |
|                |                |                | P2            | 15.57                        |
|                |                |                | P3            | 15.87                        |
|                |                |                | P4            | 15.23                        |



**Anexo 8: Datos del turno 4 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 6      | Lateral 1      | P1            | 16.87                    |
|                |                |                | P2            | 19.13                    |
|                |                |                | P3            | 15.53                    |
|                |                |                | P4            | 14.87                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.27                    |
|                |                |                | P2            | 16.93                    |
|                |                |                | P3            | 15.83                    |
|                |                |                | P4            | 15.07                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.23                    |
|                |                |                | P2            | 16.50                    |
|                |                |                | P3            | 16.07                    |
|                |                |                | P4            | 17.30                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.37                    |
|                |                |                | P2            | 16.57                    |
|                |                |                | P3            | 15.53                    |
|                |                |                | P4            | 14.87                    |
|                | Válvula 8      | Lateral 1      | P1            | 17.00                    |
|                |                |                | P2            | 16.93                    |
|                |                |                | P3            | 16.37                    |
|                |                |                | P4            | 16.20                    |
| Lateral 2      |                | P1             | 18.07         |                          |
|                |                | P2             | 18.63         |                          |
|                |                | P3             | 16.37         |                          |
|                |                | P4             | 15.73         |                          |
| Lateral 3      |                | P1             | 16.40         |                          |
|                |                | P2             | 15.90         |                          |
|                |                | P3             | 15.73         |                          |
|                |                | P4             | 15.97         |                          |
| Lateral 4      |                | P1             | 19.10         |                          |
|                |                | P2             | 17.63         |                          |
|                |                | P3             | 16.60         |                          |
|                |                | P4             | 15.90         |                          |
| Válvula 10     | Lateral 1      | P1             | 18.30         |                          |
|                |                | P2             | 19.23         |                          |
|                |                | P3             | 15.87         |                          |
|                |                | P4             | 17.20         |                          |
|                | Lateral 2      | P1             | 17.57         |                          |
|                |                | P2             | 18.50         |                          |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |       |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|-------|
| Sentido 2      | Válvula 6      | Lateral 3      | P3            | 15.17                    |       |
|                |                |                | P4            | 14.67                    |       |
|                |                |                | P1            | 18.33                    |       |
|                |                |                | P2            | 16.53                    |       |
|                |                | Lateral 4      | P3            | 16.00                    |       |
|                |                |                | P4            | 15.27                    |       |
|                |                |                | P1            | 16.40                    |       |
|                |                |                | P2            | 16.67                    |       |
|                |                | Válvula 8      | Lateral 1     | P3                       | 14.93 |
|                |                |                |               | P4                       | 15.20 |
|                |                |                |               | P1                       | 17.23 |
|                |                |                |               | P2                       | 18.57 |
|                | Lateral 2      |                | P3            | 15.83                    |       |
|                |                |                | P4            | 16.20                    |       |
|                |                |                | P1            | 18.33                    |       |
|                |                |                | P2            | 15.93                    |       |
|                | Válvula 6      | Lateral 3      | P3            | 17.60                    |       |
|                |                |                | P4            | 15.90                    |       |
|                |                |                | P1            | 17.63                    |       |
|                |                |                | P2            | 15.77                    |       |
| Lateral 4      |                | P3             | 17.90         |                          |       |
|                |                | P4             | 16.70         |                          |       |
|                |                | P1             | 16.83         |                          |       |
|                |                | P2             | 16.60         |                          |       |
| Válvula 8      | Lateral 1      | P3             | 18.13         |                          |       |
|                |                | P4             | 16.33         |                          |       |
|                |                | P1             | 18.60         |                          |       |
|                |                | P2             | 18.30         |                          |       |
|                | Lateral 2      | P3             | 17.57         |                          |       |
|                |                | P4             | 14.50         |                          |       |
|                |                | P1             | 16.23         |                          |       |
|                |                | P2             | 16.47         |                          |       |
|                | Lateral 3      | P3             | 16.13         |                          |       |
|                |                | P4             | 15.57         |                          |       |
|                |                | P1             | 18.03         |                          |       |
|                |                | P2             | 17.70         |                          |       |
| Lateral 4      | P3             | 15.33          |               |                          |       |
|                | P4             | 16.80          |               |                          |       |
| Lateral 4      | P1             | 16.10          |               |                          |       |
|                | P2             | 15.03          |               |                          |       |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom<br/>(ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
|                |                |                | P3            | 18.10                        |
|                |                |                | P4            | 15.47                        |
|                |                |                | P1            | 16.23                        |
|                |                | Lateral 1      | P2            | 16.63                        |
|                |                |                | P3            | 15.63                        |
|                |                |                | P4            | 16.80                        |
|                |                |                | P1            | 17.43                        |
|                |                | Lateral 2      | P2            | 16.23                        |
|                |                |                | P3            | 17.10                        |
|                |                |                | P4            | 17.50                        |
|                | Válvula 10     |                | P1            | 19.17                        |
|                |                | Lateral 3      | P2            | 16.07                        |
|                |                |                | P3            | 16.30                        |
|                |                |                | P4            | 15.60                        |
|                |                |                | P1            | 17.03                        |
|                |                | Lateral 4      | P2            | 18.93                        |
|                |                |                | P3            | 18.40                        |
|                |                |                | P4            | 17.17                        |

**Anexo 9: Datos del turno 5 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 13     | Lateral 1      | P1            | 17.83                    |
|                |                |                | P2            | 16.50                    |
|                |                |                | P3            | 15.63                    |
|                |                |                | P4            | 15.07                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 17.67                    |
|                |                |                | P2            | 16.63                    |
|                |                |                | P3            | 17.77                    |
|                |                |                | P4            | 15.87                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.23                    |
|                |                |                | P2            | 16.93                    |
|                |                |                | P3            | 17.50                    |
|                |                |                | P4            | 17.17                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 19.23                    |
|                |                |                | P2            | 15.60                    |
|                |                |                | P3            | 17.50                    |
|                |                |                | P4            | 17.07                    |
|                | Valvula 11     | Lateral 1      | P1            | 17.60                    |
|                |                |                | P2            | 18.43                    |
|                |                |                | P3            | 15.97                    |
|                |                |                | P4            | 15.10                    |
| Lateral 2      |                | P1             | 16.53         |                          |
|                |                | P2             | 16.27         |                          |
|                |                | P3             | 16.00         |                          |
|                |                | P4             | 16.47         |                          |
| Lateral 3      |                | P1             | 16.00         |                          |
|                |                | P2             | 18.17         |                          |
|                |                | P3             | 15.93         |                          |
|                |                | P4             | 15.63         |                          |
| Lateral 4      |                | P1             | 17.53         |                          |
|                |                | P2             | 16.33         |                          |
|                | P3             | 17.73          |               |                          |
|                | P4             | 15.07          |               |                          |
| Sentido 2      | Válvula 13     | Lateral 1      | P1            | 17.53                    |
|                |                |                | P2            | 18.63                    |
|                |                |                | P3            | 17.30                    |
|                |                |                | P4            | 17.70                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.57                    |
|                |                |                | P2            | 16.63                    |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom<br/>(ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
|                |                |                | P3            | 16.83                        |
|                |                |                | P4            | 16.77                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 18.57                        |
|                |                |                | P2            | 16.40                        |
|                |                |                | P3            | 17.40                        |
|                |                |                | P4            | 15.27                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 18.77                        |
|                |                |                | P2            | 17.77                        |
|                |                |                | P3            | 15.60                        |
|                |                |                | P4            | 15.13                        |
|                | Válvula 11     | Lateral 1      | P1            | 17.40                        |
|                |                |                | P2            | 17.13                        |
|                |                |                | P3            | 15.57                        |
|                |                |                | P4            | 17.10                        |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.03                        |
|                |                |                | P2            | 16.37                        |
|                |                |                | P3            | 17.50                        |
|                |                |                | P4            | 17.37                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.90                        |
|                |                |                | P2            | 17.87                        |
|                |                |                | P3            | 16.93                        |
|                |                |                | P4            | 14.93                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.03                        |
|                |                |                | P2            | 16.13                        |
|                |                |                | P3            | 15.53                        |
|                |                |                | P4            | 16.37                        |

**Anexo 10: Datos del turno 6 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 12     | Lateral 1      | P1            | 19.50                    |
|                |                |                | P2            | 16.77                    |
|                |                |                | P3            | 15.70                    |
|                |                |                | P4            | 14.83                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 17.13                    |
|                |                |                | P2            | 16.20                    |
|                |                |                | P3            | 16.50                    |
|                |                |                | P4            | 16.40                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.47                    |
|                |                |                | P2            | 15.40                    |
|                |                |                | P3            | 16.73                    |
|                |                |                | P4            | 16.17                    |
|                | Lateral 4      | P1             | 16.63         |                          |
|                |                | P2             | 15.50         |                          |
|                |                | P3             | 15.20         |                          |
|                |                | P4             | 15.97         |                          |
| Válvula 14     | Lateral 1      | P1             | 17.70         |                          |
|                |                | P2             | 16.63         |                          |
|                |                | P3             | 15.60         |                          |
|                |                | P4             | 17.60         |                          |
|                | Lateral 2      | P1             | 17.33         |                          |
|                |                | P2             | 17.83         |                          |
|                |                | P3             | 16.70         |                          |
|                |                | P4             | 12.12         |                          |
|                | Lateral 3      | P1             | 17.07         |                          |
|                |                | P2             | 18.57         |                          |
|                |                | P3             | 15.57         |                          |
|                |                | P4             | 16.37         |                          |
| Lateral 4      | P1             | 16.33          |               |                          |
|                | P2             | 16.93          |               |                          |
|                | P3             | 16.00          |               |                          |
|                | P4             | 17.43          |               |                          |
| Válvula 16     | Lateral 1      | P1             | 16.77         |                          |
|                |                | P2             | 18.40         |                          |
|                |                | P3             | 15.53         |                          |
|                |                | P4             | 16.67         |                          |
|                | Lateral 2      | P1             | 19.23         |                          |
|                |                | P2             | 16.53         |                          |

| Sentido    | Válvula    | Lateral    | Planta    | Muestra Prom (ml) |       |
|------------|------------|------------|-----------|-------------------|-------|
| Sentido 2  | Válvula 12 | Lateral 3  | P3        | 18.33             |       |
|            |            |            | P4        | 14.50             |       |
|            |            |            | P1        | 17.53             |       |
|            |            |            | P2        | 18.37             |       |
|            |            | Lateral 4  | P3        | 16.60             |       |
|            |            |            | P4        | 17.27             |       |
|            |            |            | P1        | 17.47             |       |
|            |            |            | P2        | 17.37             |       |
|            |            | Válvula 14 | Lateral 1 | P3                | 18.17 |
|            |            |            |           | P4                | 15.60 |
|            |            |            |           | P1                | 18.40 |
|            |            |            |           | P2                | 17.63 |
|            | Lateral 2  |            | P3        | 16.63             |       |
|            |            |            | P4        | 16.83             |       |
|            |            |            | P1        | 16.60             |       |
|            |            |            | P2        | 17.67             |       |
|            | Válvula 14 | Lateral 3  | P3        | 17.90             |       |
|            |            |            | P4        | 16.30             |       |
|            |            |            | P1        | 17.30             |       |
|            |            |            | P2        | 17.43             |       |
| Lateral 4  |            | P3         | 16.17     |                   |       |
|            |            | P4         | 17.57     |                   |       |
|            |            | P1         | 19.40     |                   |       |
|            |            | P2         | 12.77     |                   |       |
| Válvula 14 | Lateral 1  | P3         | 15.60     |                   |       |
|            |            | P4         | 17.13     |                   |       |
|            |            | P1         | 17.17     |                   |       |
|            |            | P2         | 17.13     |                   |       |
|            | Lateral 2  | P3         | 15.93     |                   |       |
|            |            | P4         | 15.73     |                   |       |
|            |            | P1         | 16.20     |                   |       |
|            |            | P2         | 15.27     |                   |       |
|            | Lateral 3  | P3         | 17.73     |                   |       |
|            |            | P4         | 14.77     |                   |       |
|            |            | P1         | 16.00     |                   |       |
|            |            | P2         | 17.33     |                   |       |
| Lateral 4  | P3         | 17.50      |           |                   |       |
|            | P4         | 15.30      |           |                   |       |
| Lateral 4  | P1         | 15.83      |           |                   |       |

| Sentido | Válvula    | Lateral   | Planta | Muestra Prom (ml) |
|---------|------------|-----------|--------|-------------------|
|         |            |           | P2     | 15.10             |
|         |            |           | P3     | 16.33             |
|         |            |           | P4     | 17.90             |
|         |            | Lateral 1 | P1     | 18.10             |
|         |            | Lateral 1 | P2     | 16.93             |
|         |            | Lateral 1 | P3     | 16.13             |
|         |            | Lateral 1 | P4     | 17.33             |
|         |            | Lateral 2 | P1     | 17.03             |
|         |            | Lateral 2 | P2     | 15.93             |
|         |            | Lateral 2 | P3     | 16.13             |
|         |            | Lateral 2 | P4     | 15.27             |
|         | Válvula 16 | Lateral 3 | P1     | 18.03             |
|         | Válvula 16 | Lateral 3 | P2     | 16.73             |
|         | Válvula 16 | Lateral 3 | P3     | 15.83             |
|         | Válvula 16 | Lateral 3 | P4     | 15.97             |
|         | Válvula 16 | Lateral 4 | P1     | 16.03             |
|         | Válvula 16 | Lateral 4 | P2     | 15.83             |
|         | Válvula 16 | Lateral 4 | P3     | 16.87             |
|         | Válvula 16 | Lateral 4 | P4     | 14.87             |



**Anexo 11: Datos del turno 7 al inicio de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 15     | Lateral 1      | P1            | 18.83                    |
|                |                |                | P2            | 18.10                    |
|                |                |                | P3            | 16.57                    |
|                |                |                | P4            | 16.87                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 17.57                    |
|                |                |                | P2            | 18.23                    |
|                |                |                | P3            | 16.50                    |
|                |                |                | P4            | 17.13                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 16.70                    |
|                |                |                | P2            | 18.67                    |
|                |                |                | P3            | 16.97                    |
|                |                |                | P4            | 16.83                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 18.10                    |
|                |                |                | P2            | 16.63                    |
|                |                |                | P3            | 16.63                    |
|                |                |                | P4            | 16.40                    |
|                | Válvula 17     | Lateral 1      | P1            | 17.97                    |
|                |                |                | P2            | 18.70                    |
|                |                |                | P3            | 16.10                    |
|                |                |                | P4            | 17.73                    |
| Lateral 2      |                | P1             | 16.47         |                          |
|                |                | P2             | 18.63         |                          |
|                |                | P3             | 15.90         |                          |
|                |                | P4             | 16.23         |                          |
| Lateral 3      |                | P1             | 18.60         |                          |
|                |                | P2             | 16.43         |                          |
|                |                | P3             | 15.27         |                          |
|                |                | P4             | 15.90         |                          |
| Lateral 4      |                | P1             | 19.07         |                          |
|                |                | P2             | 16.80         |                          |
|                | P3             | 17.03          |               |                          |
|                | P4             | 16.70          |               |                          |
| Sentido 2      | Válvula 15     | Lateral 1      | P1            | 17.80                    |
|                |                |                | P2            | 19.23                    |
|                |                |                | P3            | 17.37                    |
|                |                |                | P4            | 16.43                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.63                    |
|                |                |                | P2            | 16.40                    |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
|                |                |                | P3            | 18.03                    |
|                |                |                | P4            | 16.13                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 19.30                    |
|                |                |                | P2            | 16.37                    |
|                |                |                | P3            | 15.23                    |
|                |                |                | P4            | 16.77                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 16.70                    |
|                |                |                | P2            | 17.40                    |
|                |                |                | P3            | 15.10                    |
|                |                |                | P4            | 16.70                    |
|                | Válvula 17     | Lateral 1      | P1            | 18.30                    |
|                |                |                | P2            | 16.67                    |
|                |                |                | P3            | 16.77                    |
|                |                |                | P4            | 17.17                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.27                    |
|                |                |                | P2            | 17.00                    |
|                |                |                | P3            | 17.77                    |
|                |                |                | P4            | 15.23                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.00                    |
|                |                |                | P2            | 16.10                    |
|                |                |                | P3            | 15.27                    |
|                |                |                | P4            | 16.33                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 18.97                    |
|                |                |                | P2            | 15.60                    |
|                |                |                | P3            | 16.67                    |
|                |                |                | P4            | 17.63                    |

**Anexo 12: Datos del turno 1 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Sentido 1      | Válvula 1      | Lateral 1      | P1            | 16.67                    |
|                |                |                | P2            | 20.17                    |
|                |                |                | P3            | 17.70                    |
|                |                |                | P4            | 16.20                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.50                    |
|                |                |                | P2            | 19.73                    |
|                |                |                | P3            | 17.20                    |
|                |                |                | P4            | 18.13                    |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 19.40                    |
|                |                |                | P2            | 17.47                    |
|                |                |                | P3            | 17.63                    |
|                |                |                | P4            | 13.87                    |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 19.33                    |
|                |                |                | P2            | 19.43                    |
|                |                |                | P3            | 14.03                    |
|                |                |                | P4            | 16.13                    |
|                | Válvula 2      | Lateral 1      | P1            | 18.37                    |
|                |                |                | P2            | 16.33                    |
|                |                |                | P3            | 18.60                    |
|                |                |                | P4            | 15.10                    |
| Lateral 2      |                | P1             | 15.93         |                          |
|                |                | P2             | 14.77         |                          |
|                |                | P3             | 18.20         |                          |
|                |                | P4             | 19.20         |                          |
| Lateral 3      |                | P1             | 14.67         |                          |
|                |                | P2             | 17.80         |                          |
|                |                | P3             | 15.03         |                          |
|                |                | P4             | 17.47         |                          |
| Lateral 4      |                | P1             | 15.93         |                          |
|                |                | P2             | 19.73         |                          |
|                |                | P3             | 13.40         |                          |
|                |                | P4             | 13.83         |                          |
| Sentido 2      | Válvula 1      | Lateral 1      | P1            | 14.63                    |
|                |                |                | P2            | 15.00                    |
|                |                |                | P3            | 18.50                    |
|                |                |                | P4            | 18.90                    |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.47                    |
|                |                |                | P2            | 19.83                    |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Muestra Prom<br/>(ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------------------|
|                |                |                | P3            | 18.30                        |
|                |                |                | P4            | 14.63                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 15.03                        |
|                |                |                | P2            | 16.07                        |
|                |                |                | P3            | 13.93                        |
|                |                |                | P4            | 17.40                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 15.13                        |
|                |                |                | P2            | 16.90                        |
|                |                |                | P3            | 19.33                        |
|                |                |                | P4            | 16.20                        |
|                | Válvula 2      | Lateral 1      | P1            | 17.00                        |
|                |                |                | P2            | 15.27                        |
|                |                |                | P3            | 16.30                        |
|                |                |                | P4            | 15.07                        |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.40                        |
|                |                |                | P2            | 17.67                        |
|                |                |                | P3            | 17.23                        |
|                |                |                | P4            | 18.97                        |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 18.47                        |
|                |                |                | P2            | 14.73                        |
|                |                |                | P3            | 17.13                        |
|                |                |                | P4            | 16.67                        |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 14.03                        |
|                |                |                | P2            | 19.10                        |
|                |                |                | P3            | 16.93                        |
|                |                |                | P4            | 16.27                        |

**Anexo 13: Datos del turno 2 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 1      | Válvula 3      | Lateral 1      | P1            | 19.67                |
|                |                |                | P2            | 15.37                |
|                |                |                | P3            | 19.10                |
|                |                |                | P4            | 19.80                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 20.00                |
|                |                |                | P2            | 14.63                |
|                |                |                | P3            | 19.50                |
|                |                |                | P4            | 13.53                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 15.40                |
|                |                |                | P2            | 16.57                |
|                |                |                | P3            | 16.93                |
|                |                |                | P4            | 18.87                |
|                | Lateral 4      | P1             | 18.53         |                      |
|                |                | P2             | 14.13         |                      |
|                |                | P3             | 16.53         |                      |
|                |                | P4             | 16.63         |                      |
|                | Válvula 4      | Lateral 1      | P1            | 19.97                |
|                |                |                | P2            | 16.03                |
|                |                |                | P3            | 14.10                |
|                |                |                | P4            | 20.00                |
| Lateral 2      |                | P1             | 18.53         |                      |
|                |                | P2             | 16.67         |                      |
|                |                | P3             | 16.20         |                      |
|                |                | P4             | 18.90         |                      |
| Lateral 3      |                | P1             | 16.67         |                      |
|                |                | P2             | 18.10         |                      |
|                |                | P3             | 19.03         |                      |
|                |                | P4             | 16.27         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 18.43          |               |                      |
|                | P2             | 14.03          |               |                      |
|                | P3             | 16.40          |               |                      |
|                | P4             | 16.83          |               |                      |
| Válvula 5      | Lateral 1      | P1             | 15.87         |                      |
|                |                | P2             | 17.33         |                      |
|                |                | P3             | 19.10         |                      |
|                | Lateral 2      | P4             | 16.70         |                      |
|                |                | P1             | 18.63         |                      |
|                |                | P2             | 19.17         |                      |
|                |                |                | P3            | 19.30                |

| Sentido   | Válvula   | Lateral   | Planta | Promedio (ml) |
|-----------|-----------|-----------|--------|---------------|
| Sentido 2 | Válvula 3 | Lateral 3 | P4     | 18.10         |
|           |           |           | P1     | 15.67         |
|           |           |           | P2     | 20.00         |
|           |           |           | P3     | 18.03         |
|           |           | Lateral 4 | P4     | 18.17         |
|           |           |           | P1     | 18.33         |
|           |           |           | P2     | 17.93         |
|           |           |           | P3     | 18.90         |
|           | Válvula 4 | Lateral 1 | P4     | 14.83         |
|           |           |           | P1     | 15.87         |
|           |           |           | P2     | 16.27         |
|           |           |           | P3     | 14.00         |
|           |           | Lateral 2 | P4     | 14.50         |
|           |           |           | P1     | 15.90         |
|           |           |           | P2     | 16.23         |
|           |           |           | P3     | 17.10         |
|           | Válvula 3 | Lateral 3 | P4     | 15.33         |
|           |           |           | P1     | 19.40         |
|           |           |           | P2     | 14.17         |
|           |           |           | P3     | 17.13         |
| Lateral 4 |           | P4        | 16.57  |               |
|           |           | P1        | 18.83  |               |
|           |           | P2        | 14.23  |               |
|           |           | P3        | 16.93  |               |
| Válvula 4 | Lateral 1 | P4        | 19.43  |               |
|           |           | P1        | 15.67  |               |
|           |           | P2        | 14.83  |               |
|           |           | P3        | 14.40  |               |
|           | Lateral 2 | P4        | 19.00  |               |
|           |           | P1        | 15.53  |               |
|           |           | P2        | 19.87  |               |
|           |           | P3        | 16.50  |               |
| Válvula 3 | Lateral 3 | P4        | 14.90  |               |
|           |           | P1        | 14.87  |               |
|           |           | P2        | 15.20  |               |
|           |           | P3        | 19.63  |               |
|           | Lateral 4 | P4        | 17.17  |               |
|           |           | P1        | 15.73  |               |
|           |           | P2        | 14.23  |               |
|           |           | P3        | 15.40  |               |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
|                |                |                | P4            | 15.23                |
|                |                |                | P1            | 15.37                |
|                |                | Lateral 1      | P2            | 18.43                |
|                |                |                | P3            | 18.90                |
|                |                |                | P4            | 14.40                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 16.33                |
|                |                |                | P2            | 16.97                |
|                |                |                | P3            | 14.80                |
|                |                |                | P4            | 16.00                |
|                | Válvula 5      | Lateral 3      | P1            | 15.57                |
|                |                |                | P2            | 17.70                |
|                |                |                | P3            | 14.13                |
|                |                |                | P4            | 14.37                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 16.33                |
|                |                |                | P2            | 18.63                |
|                |                |                | P3            | 14.30                |
|                |                |                | P4            | 15.13                |

**Anexo 14: Datos del turno 3 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 1      | Válvula 7      | Lateral 1      | P1            | 19.17                |
|                |                |                | P2            | 15.73                |
|                |                |                | P3            | 14.10                |
|                |                |                | P4            | 16.57                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 18.17                |
|                |                |                | P2            | 20.23                |
|                |                |                | P3            | 15.03                |
|                |                |                | P4            | 17.27                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 16.97                |
|                |                |                | P2            | 14.33                |
|                |                |                | P3            | 16.53                |
|                |                |                | P4            | 14.70                |
|                | Lateral 4      | P1             | 19.47         |                      |
|                |                | P2             | 20.13         |                      |
|                |                | P3             | 16.27         |                      |
|                |                | P4             | 14.93         |                      |
|                | Válvula 9      | Lateral 1      | P1            | 15.50                |
|                |                |                | P2            | 15.30                |
|                |                |                | P3            | 18.83                |
|                |                |                | P4            | 17.67                |
| Lateral 2      |                | P1             | 16.33         |                      |
|                |                | P2             | 21.00         |                      |
|                |                | P3             | 19.70         |                      |
|                |                | P4             | 16.87         |                      |
| Lateral 3      |                | P1             | 19.90         |                      |
|                |                | P2             | 19.37         |                      |
|                |                | P3             | 15.70         |                      |
|                |                | P4             | 18.63         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 15.13          |               |                      |
|                | P2             | 18.23          |               |                      |
|                | P3             | 13.77          |               |                      |
|                | P4             | 18.60          |               |                      |
| Sentido 2      | Válvula 7      | Lateral 1      | P1            | 20.27                |
|                |                |                | P2            | 16.40                |
|                |                |                | P3            | 16.27                |
|                |                |                | P4            | 18.70                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 14.90                |
|                |                |                | P2            | 18.60                |
|                |                |                | P3            | 13.60                |



| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
|                |                |                | P4            | 15.60                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 16.70                |
|                |                |                | P2            | 16.57                |
|                |                |                | P3            | 16.70                |
|                |                |                | P4            | 18.60                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 15.57                |
|                |                |                | P2            | 14.07                |
|                |                |                | P3            | 17.67                |
|                |                |                | P4            | 14.20                |
|                | Válvula 9      | Lateral 1      | P1            | 14.57                |
|                |                |                | P2            | 14.17                |
|                |                |                | P3            | 18.57                |
|                |                |                | P4            | 17.23                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 19.80                |
|                |                |                | P2            | 14.83                |
|                |                |                | P3            | 14.90                |
|                |                |                | P4            | 16.90                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 17.73                |
|                |                |                | P2            | 14.93                |
|                |                |                | P3            | 18.20                |
|                |                |                | P4            | 13.50                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 20.17                |
|                |                |                | P2            | 17.17                |
|                |                |                | P3            | 18.47                |
|                |                |                | P4            | 13.33                |

**Anexo 15: Datos del turno 4 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 1      | Válvula 6      | Lateral 1      | P1            | 15.27                |
|                |                |                | P2            | 17.03                |
|                |                |                | P3            | 14.03                |
|                |                |                | P4            | 14.97                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 19.27                |
|                |                |                | P2            | 17.83                |
|                |                |                | P3            | 18.03                |
|                |                |                | P4            | 15.57                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 19.53                |
|                |                |                | P2            | 15.20                |
|                |                |                | P3            | 18.17                |
|                |                |                | P4            | 18.20                |
|                | Lateral 4      | P1             | 15.17         |                      |
|                |                | P2             | 19.47         |                      |
|                |                | P3             | 18.03         |                      |
|                |                | P4             | 18.67         |                      |
|                | Válvula 8      | Lateral 1      | P1            | 19.40                |
|                |                |                | P2            | 20.43                |
|                |                |                | P3            | 19.47                |
|                |                |                | P4            | 18.70                |
| Lateral 2      |                | P1             | 15.77         |                      |
|                |                | P2             | 17.03         |                      |
|                |                | P3             | 14.27         |                      |
|                |                | P4             | 15.43         |                      |
| Lateral 3      |                | P1             | 19.50         |                      |
|                |                | P2             | 17.20         |                      |
|                |                | P3             | 18.93         |                      |
|                |                | P4             | 16.97         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 19.80          |               |                      |
|                | P2             | 20.43          |               |                      |
|                | P3             | 18.90          |               |                      |
|                | P4             | 17.30          |               |                      |
| Válvula 10     | Lateral 1      | P1             | 19.20         |                      |
|                |                | P2             | 17.83         |                      |
|                |                | P3             | 18.27         |                      |
|                |                | P4             | 18.90         |                      |
|                | Lateral 2      | P1             | 16.57         |                      |
|                |                | P2             | 16.00         |                      |
|                |                | P3             | 16.67         |                      |

| Sentido   | Válvula   | Lateral   | Planta | Promedio (ml) |
|-----------|-----------|-----------|--------|---------------|
| Sentido 2 | Válvula 6 | Lateral 3 | P4     | 13.77         |
|           |           |           | P1     | 19.13         |
|           |           |           | P2     | 16.43         |
|           |           |           | P3     | 19.20         |
|           |           | Lateral 4 | P4     | 14.97         |
|           |           |           | P1     | 19.30         |
|           |           |           | P2     | 16.47         |
|           |           |           | P3     | 14.13         |
|           | Válvula 8 | Lateral 1 | P4     | 18.10         |
|           |           |           | P1     | 20.53         |
|           |           |           | P2     | 17.97         |
|           |           |           | P3     | 19.13         |
|           |           | Lateral 2 | P4     | 17.70         |
|           |           |           | P1     | 17.23         |
|           |           |           | P2     | 20.33         |
|           |           |           | P3     | 15.80         |
|           | Lateral 3 | P4        | 14.50  |               |
|           |           | P1        | 19.23  |               |
|           |           | P2        | 19.27  |               |
|           |           | P3        | 14.00  |               |
| Lateral 4 | P4        | 13.70     |        |               |
|           | P1        | 19.23     |        |               |
|           | P2        | 17.20     |        |               |
|           | P3        | 17.83     |        |               |
| Válvula 8 | Lateral 1 | P4        | 17.23  |               |
|           |           | P1        | 16.90  |               |
|           |           | P2        | 18.70  |               |
|           |           | P3        | 16.07  |               |
|           | Lateral 2 | P4        | 18.60  |               |
|           |           | P1        | 14.63  |               |
|           |           | P2        | 18.67  |               |
|           |           | P3        | 19.73  |               |
|           | Lateral 3 | P4        | 17.07  |               |
|           |           | P1        | 15.13  |               |
|           |           | P2        | 13.90  |               |
|           |           | P3        | 17.43  |               |
| Lateral 4 | P4        | 17.00     |        |               |
|           | P1        | 14.50     |        |               |
|           | P2        | 16.33     |        |               |
|           |           |           | P3     | 18.40         |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
|                |                |                | P4            | 14.17                |
|                |                | Lateral 1      | P1            | 15.13                |
|                |                |                | P2            | 19.63                |
|                |                |                | P3            | 15.73                |
|                |                |                | P4            | 15.60                |
|                | Válvula 10     | Lateral 2      | P1            | 18.73                |
|                |                |                | P2            | 16.43                |
|                |                |                | P3            | 15.90                |
|                |                |                | P4            | 17.80                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 18.27                |
|                |                |                | P2            | 19.57                |
|                |                |                | P3            | 15.00                |
|                |                |                | P4            | 15.90                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 17.43                |
|                |                |                | P2            | 17.83                |
|                |                |                | P3            | 18.60                |
|                |                |                | P4            | 13.67                |

**Anexo 16: Datos del turno 5 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 1      | Válvula 13     | Lateral 1      | P1            | 15.63                |
|                |                |                | P2            | 18.40                |
|                |                |                | P3            | 17.53                |
|                |                |                | P4            | 13.47                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 17.67                |
|                |                |                | P2            | 20.43                |
|                |                |                | P3            | 18.37                |
|                |                |                | P4            | 17.07                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 20.73                |
|                |                |                | P2            | 15.03                |
|                |                |                | P3            | 16.10                |
|                |                |                | P4            | 16.37                |
|                | Lateral 4      | P1             | 18.43         |                      |
|                |                | P2             | 14.80         |                      |
|                |                | P3             | 18.10         |                      |
|                |                | P4             | 16.77         |                      |
|                | Válvula 11     | Lateral 1      | P1            | 20.10                |
|                |                |                | P2            | 17.63                |
|                |                |                | P3            | 18.77                |
|                |                |                | P4            | 16.30                |
| Lateral 2      |                | P1             | 16.33         |                      |
|                |                | P2             | 14.17         |                      |
|                |                | P3             | 15.60         |                      |
|                |                | P4             | 14.37         |                      |
| Lateral 3      |                | P1             | 20.50         |                      |
|                |                | P2             | 19.37         |                      |
|                |                | P3             | 13.83         |                      |
|                |                | P4             | 18.03         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 14.33          |               |                      |
|                | P2             | 19.93          |               |                      |
|                | P3             | 16.13          |               |                      |
|                | P4             | 17.37          |               |                      |
| Sentido 2      | Válvula 13     | Lateral 1      | P1            | 17.03                |
|                |                |                | P2            | 15.93                |
|                |                |                | P3            | 18.70                |
|                |                |                | P4            | 18.60                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 17.87                |
|                |                |                | P2            | 20.33                |
|                |                |                | P3            | 15.43                |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
|                |                |                | P4            | 16.67                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 18.17                |
|                |                |                | P2            | 19.80                |
|                |                |                | P3            | 15.10                |
|                |                |                | P4            | 17.07                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 18.77                |
|                |                |                | P2            | 20.07                |
|                |                |                | P3            | 18.60                |
|                |                |                | P4            | 15.63                |
|                | Válvula 11     | Lateral 1      | P1            | 16.60                |
|                |                |                | P2            | 20.63                |
|                |                |                | P3            | 14.47                |
|                |                |                | P4            | 18.20                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 19.73                |
|                |                |                | P2            | 15.97                |
|                |                |                | P3            | 17.60                |
|                |                |                | P4            | 19.17                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 19.70                |
|                |                |                | P2            | 15.27                |
|                |                |                | P3            | 19.63                |
|                |                |                | P4            | 13.43                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 18.13                |
|                |                |                | P2            | 19.93                |
|                |                |                | P3            | 19.23                |
|                |                |                | P4            | 14.47                |

**Anexo 17: Datos del turno 6 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 1      | Válvula 12     | Lateral 1      | P1            | 16.90                |
|                |                |                | P2            | 17.37                |
|                |                |                | P3            | 18.30                |
|                |                |                | P4            | 17.03                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 19.73                |
|                |                |                | P2            | 18.50                |
|                |                |                | P3            | 18.20                |
|                |                |                | P4            | 17.40                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 19.67                |
|                |                |                | P2            | 16.00                |
|                |                |                | P3            | 18.83                |
|                |                |                | P4            | 17.87                |
|                | Lateral 4      | P1             | 20.63         |                      |
|                |                | P2             | 16.60         |                      |
|                |                | P3             | 16.40         |                      |
|                |                | P4             | 16.77         |                      |
|                | Válvula 14     | Lateral 1      | P1            | 18.10                |
|                |                |                | P2            | 16.83                |
|                |                |                | P3            | 15.70                |
|                |                |                | P4            | 16.20                |
| Lateral 2      |                | P1             | 14.43         |                      |
|                |                | P2             | 19.63         |                      |
|                |                | P3             | 15.40         |                      |
|                |                | P4             | 12.52         |                      |
| Lateral 3      |                | P1             | 15.17         |                      |
|                |                | P2             | 14.87         |                      |
|                |                | P3             | 19.47         |                      |
|                |                | P4             | 14.87         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 20.23          |               |                      |
|                | P2             | 14.33          |               |                      |
|                | P3             | 18.30          |               |                      |
|                | P4             | 19.33          |               |                      |
| Válvula 16     | Lateral 1      | P1             | 19.47         |                      |
|                |                | P2             | 19.60         |                      |
|                |                | P3             | 15.23         |                      |
|                |                | P4             | 17.77         |                      |
|                | Lateral 2      | P1             | 16.03         |                      |
|                |                | P2             | 14.93         |                      |
|                |                | P3             | 17.23         |                      |

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 2      | Válvula 12     | Lateral 3      | P4            | 16.80                |
|                |                |                | P1            | 18.13                |
|                |                |                | P2            | 14.77                |
|                |                |                | P3            | 17.00                |
|                |                | Lateral 4      | P4            | 18.17                |
|                |                |                | P1            | 16.97                |
|                |                |                | P2            | 15.87                |
|                |                |                | P3            | 15.47                |
|                | Válvula 14     | Lateral 1      | P4            | 16.80                |
|                |                |                | P2            | 16.03                |
|                |                |                | P3            | 18.63                |
|                |                |                | P4            | 13.93                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 17.20                |
|                |                |                | P2            | 18.17                |
|                |                |                | P3            | 18.70                |
|                |                |                | P4            | 13.50                |
|                | Lateral 3      | P1             | 15.20         |                      |
|                |                | P2             | 18.13         |                      |
|                |                | P3             | 19.97         |                      |
|                |                | P4             | 17.27         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 17.30          |               |                      |
|                | P2             | 14.17          |               |                      |
|                | P3             | 15.60          |               |                      |
|                | P4             | 16.43          |               |                      |
| Válvula 14     | Lateral 1      | P1             | 20.47         |                      |
|                |                | P2             | 19.53         |                      |
|                |                | P3             | 15.03         |                      |
|                |                | P4             | 17.33         |                      |
|                | Lateral 2      | P1             | 14.40         |                      |
|                |                | P2             | 16.47         |                      |
|                |                | P3             | 16.63         |                      |
|                |                | P4             | 13.37         |                      |
|                | Lateral 3      | P1             | 16.40         |                      |
|                |                | P2             | 19.73         |                      |
|                |                | P3             | 14.00         |                      |
|                |                | P4             | 19.10         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 19.13          |               |                      |
|                | P2             | 19.40          |               |                      |
|                | P3             | 19.13          |               |                      |



| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
|                |                |                | P4            | 15.10                |
|                |                |                | P1            | 18.00                |
|                |                | Lateral 1      | P2            | 14.13                |
|                |                |                | P3            | 17.93                |
|                |                |                | P4            | 16.23                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 19.43                |
|                |                |                | P2            | 17.43                |
|                |                |                | P3            | 17.33                |
|                |                |                | P4            | 13.77                |
|                | Válvula 16     | Lateral 3      | P1            | 19.13                |
|                |                |                | P2            | 14.53                |
|                |                |                | P3            | 16.03                |
|                |                |                | P4            | 13.77                |
|                |                | Lateral 4      | P1            | 19.03                |
|                |                |                | P2            | 18.23                |
|                |                |                | P3            | 16.67                |
|                |                |                | P4            | 18.07                |

**Anexo 18: Datos del turno 7 al final de la campaña productiva**

| <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Lateral</b> | <b>Planta</b> | <b>Promedio (ml)</b> |
|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| Sentido 1      | Válvula 15     | Lateral 1      | P1            | 18.33                |
|                |                |                | P2            | 18.30                |
|                |                |                | P3            | 17.17                |
|                |                |                | P4            | 14.77                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 14.67                |
|                |                |                | P2            | 17.63                |
|                |                |                | P3            | 19.20                |
|                |                |                | P4            | 18.53                |
|                |                | Lateral 3      | P1            | 15.30                |
|                |                |                | P2            | 14.37                |
|                |                |                | P3            | 15.77                |
|                |                |                | P4            | 16.83                |
|                | Lateral 4      | P1             | 18.50         |                      |
|                |                | P2             | 19.73         |                      |
|                |                | P3             | 15.43         |                      |
|                |                | P4             | 17.10         |                      |
|                | Válvula 17     | Lateral 1      | P1            | 17.27                |
|                |                |                | P2            | 14.90                |
|                |                |                | P3            | 16.60                |
|                |                |                | P4            | 15.73                |
| Lateral 2      |                | P1             | 18.27         |                      |
|                |                | P2             | 15.53         |                      |
|                |                | P3             | 14.60         |                      |
|                |                | P4             | 14.23         |                      |
| Lateral 3      |                | P1             | 16.30         |                      |
|                |                | P2             | 15.53         |                      |
|                |                | P3             | 14.07         |                      |
|                |                | P4             | 16.80         |                      |
| Lateral 4      | P1             | 20.47          |               |                      |
|                | P2             | 14.70          |               |                      |
|                | P3             | 16.03          |               |                      |
|                | P4             | 14.60          |               |                      |
| Sentido 2      | Válvula 15     | Lateral 1      | P1            | 20.50                |
|                |                |                | P2            | 19.23                |
|                |                |                | P3            | 14.17                |
|                |                |                | P4            | 15.23                |
|                |                | Lateral 2      | P1            | 14.83                |
|                |                |                | P2            | 15.40                |
|                |                |                | P3            | 14.03                |

|           |    |       |
|-----------|----|-------|
|           | P4 | 13.33 |
| Lateral 3 | P1 | 18.60 |
|           | P2 | 18.97 |
|           | P3 | 16.03 |
|           | P4 | 17.27 |
|           | P1 | 15.70 |
| Lateral 4 | P2 | 14.30 |
|           | P3 | 15.60 |
|           | P4 | 17.10 |
|           | P1 | 17.00 |
| Lateral 1 | P2 | 18.87 |
|           | P3 | 14.27 |
|           | P4 | 17.37 |
|           | P1 | 15.47 |
| Lateral 2 | P2 | 15.80 |
|           | P3 | 15.67 |
|           | P4 | 13.63 |
|           | P1 | 20.70 |
| Lateral 3 | P2 | 20.40 |
|           | P3 | 15.87 |
|           | P4 | 14.63 |
|           | P1 | 20.27 |
| Lateral 4 | P2 | 19.50 |
|           | P3 | 15.67 |
|           | P4 | 15.03 |

**Anexo 19: Evaluación de la uniformidad de riego por válvulas al final**

| <b>Turno</b> | <b>Sentido</b> | <b>Válvula</b> | <b>Caudal PROM</b> | <b>Presión (MCA)</b> | <b>CU (%)</b> |
|--------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|---------------|
| 1            | 1              | 1              | 1.05               | 6.5                  | 86.17         |
|              |                | 2              | 0.99               | 7.5                  | 85.74         |
|              | 2              | 1              | 1.00               | 6.5                  | 87.43         |
|              |                | 2              | 1.00               | 7.5                  | 88.46         |
| 2            | 1              | 3              | 1.03               | 7.0                  | 83.82         |
|              |                | 4              | 1.04               | 6.0                  | 88.80         |
|              |                | 5              | 1.07               | 7.0                  | 88.18         |
|              | 2              | 3              | 0.98               | 7.0                  | 86.90         |
|              |                | 4              | 0.97               | 6.0                  | 90.38         |
|              |                | 5              | 0.97               | 7.0                  | 88.90         |
| 3            | 1              | 7              | 1.01               | 7.0                  | 86.15         |
|              |                | 9              | 1.05               | 7.0                  | 85.12         |
|              | 2              | 7              | 0.99               | 7.0                  | 85.88         |
|              |                | 9              | 0.99               | 7.0                  | 84.04         |
| 4            | 1              | 6              | 1.03               | 7.0                  | 86.53         |
|              |                | 8              | 1.09               | 7.5                  | 86.25         |
|              |                | 10             | 1.03               | 7.0                  | 85.65         |
|              | 2              | 6              | 1.05               | 7.0                  | 82.59         |
|              |                | 8              | 1.00               | 7.5                  | 85.62         |
|              |                | 10             | 1.02               | 7.0                  | 87.60         |
| 5            | 1              | 13             | 1.03               | 6.5                  | 85.75         |
|              |                | 11             | 1.02               | 6.5                  | 83.15         |
|              | 2              | 13             | 1.06               | 6.5                  | 87.54         |
| 6            | 1              | 12             | 1.07               | 7.0                  | 91.92         |
|              |                | 14             | 1.00               | 7.0                  | 84.63         |
|              |                | 16             | 1.01               | 5.5                  | 89.37         |
|              | 2              | 12             | 1.00               | 7.0                  | 85.08         |
|              |                | 14             | 1.03               | 7.0                  | 82.55         |
|              |                | 16             | 1.01               | 5.5                  | 83.34         |
| 7            | 1              | 15             | 1.02               | 5.5                  | 87.03         |
|              |                | 17             | 0.96               | 5.0                  | 89.97         |
|              | 2              | 15             | 0.98               | 5.5                  | 85.80         |
|              |                | 17             | 1.01               | 5.0                  | 85.24         |
|              |                |                | <b>1.02</b>        | <b>6.62</b>          | <b>86.27</b>  |

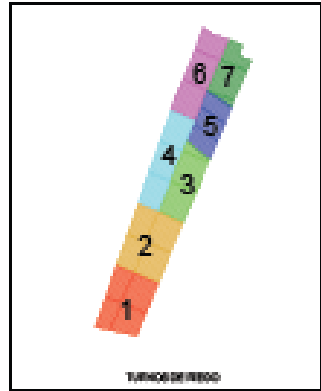
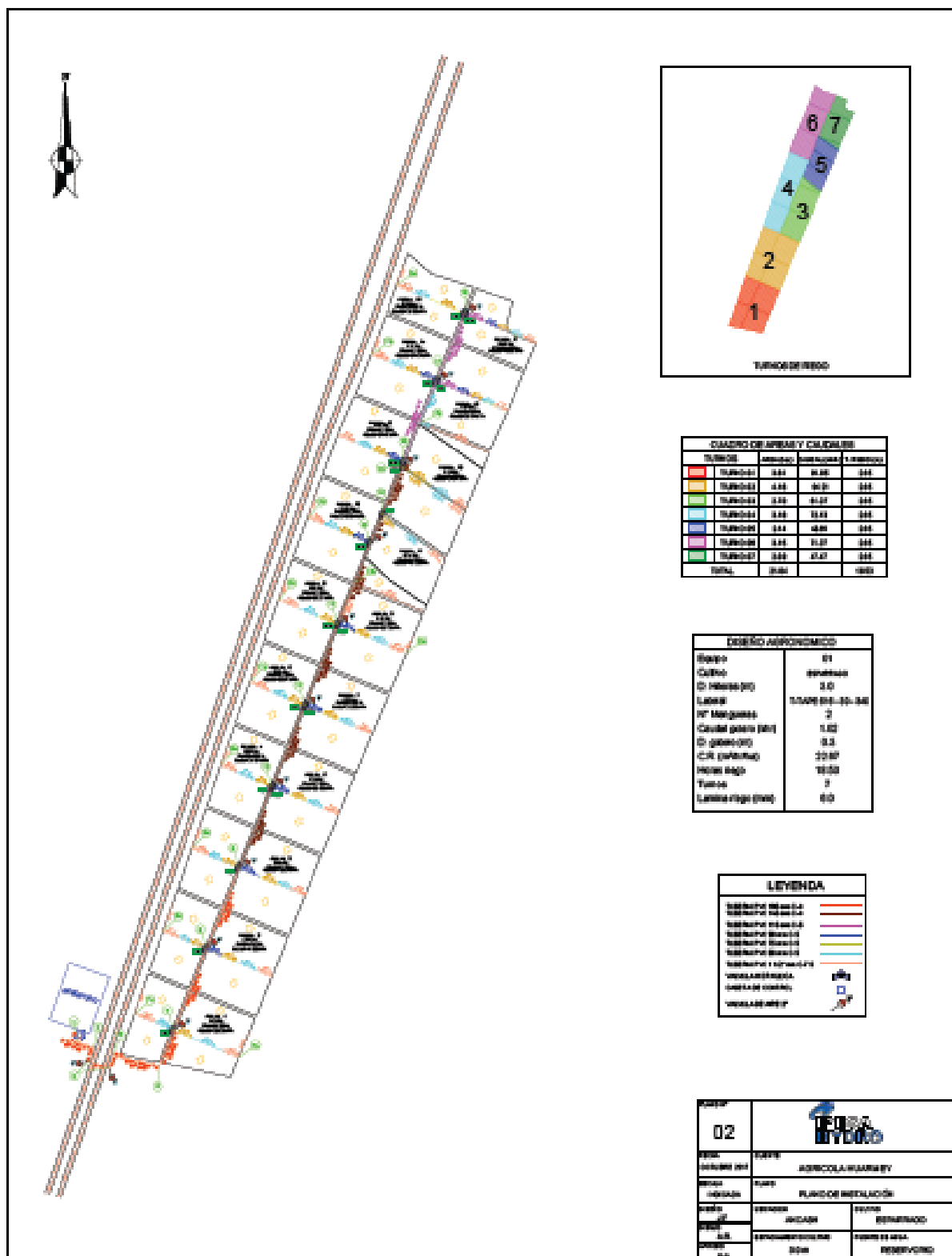
**Anexo 20: Evaluación de la uniformidad de riego por sentido al final**

| <b>Turno</b> | <b>Sentido</b> | <b>Caudal PROM</b> | <b>CU (%)</b> | <b>CV</b> |
|--------------|----------------|--------------------|---------------|-----------|
| 1            | 1              | 1.02               | 84.34         | 0.1158    |
|              | 2              | 1.00               | 87.77         | 0.0991    |
| 2            | 1              | 1.05               | 85.88         | 0.1049    |
|              | 2              | 0.97               | 88.68         | 0.1052    |
| 3            | 1              | 1.03               | 85.29         | 0.1200    |
|              | 2              | 0.99               | 84.91         | 0.1226    |
| 4            | 1              | 1.05               | 85.13         | 0.1064    |
|              | 2              | 1.02               | 84.91         | 0.1121    |
| 5            | 1              | 1.03               | 84.43         | 0.1215    |
|              | 2              | 1.06               | 87.54         | 0.0945    |
| 6            | 1              | 1.03               | 86.47         | 0.1059    |
|              | 2              | 1.02               | 83.60         | 0.1194    |
| 7            | 1              | 0.99               | 88.00         | 0.1063    |
|              | 2              | 0.99               | 85.36         | 0.1341    |

**Anexo 21: Evaluación de la uniformidad de riego por turnos al final**

| <b>Turno</b> | <b>Caudal PROM</b> | <b>CU (%)</b> | <b>CV</b>     | <b>DES.EST.Q</b> |
|--------------|--------------------|---------------|---------------|------------------|
| 1            | 1.01               | 86.04         | 0.1075        | 0.1086           |
| 2            | 1.01               | 87.02         | 0.1111        | 0.1121           |
| 3            | 1.01               | 84.83         | 0.1219        | 0.1233           |
| 4            | 1.04               | 85.01         | 0.1093        | 0.1133           |
| 5            | 1.04               | 85.35         | 0.1131        | 0.1175           |
| 6            | 1.02               | 84.92         | 0.1124        | 0.1147           |
| 7            | 0.99               | 86.68         | 0.1202        | 0.1191           |
|              |                    | <b>85.56</b>  | <b>0.1142</b> |                  |

## Anexo 22: Plano del proyecto agrícola



| CUADRO DE ÁREAS Y CANTIDAD |      |            |          |
|----------------------------|------|------------|----------|
| TURNO                      | Área | Superficie | Cantidad |
| TURNO 1                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TURNO 2                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TURNO 3                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TURNO 4                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TURNO 5                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TURNO 6                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TURNO 7                    | 1.24 | 1.24       | 1.24     |
| TOTAL                      | 8.68 | 8.68       | 8.68     |

| DATOS APROXIMADOS |                   |
|-------------------|-------------------|
| Superficie        | 81                |
| Canales           | aproximado        |
| C/4 (metros)      | 1.20              |
| Lotes             | 1.240 (100-10-10) |
| OT (Metros)       | 2                 |
| Canal para agua   | 1.20              |
| C/4 (metros)      | 1.20              |
| C/4 (metros)      | 1.20              |
| Superficie        | 1.240             |
| Tierras           | 2                 |
| Lotes para agua   | 1.20              |

| LEYENDA     |                      |
|-------------|----------------------|
| SECTOR 1    | [Línea roja]         |
| SECTOR 2    | [Línea naranja]      |
| SECTOR 3    | [Línea amarilla]     |
| SECTOR 4    | [Línea azul claro]   |
| SECTOR 5    | [Línea verde]        |
| SECTOR 6    | [Línea púrpura]      |
| SECTOR 7    | [Línea verde oscuro] |
| VEGETACIÓN  | [Icono de árbol]     |
| ESTRUCTURAS | [Icono de edificio]  |
| VEGETACIÓN  | [Icono de árbol]     |

|           |          |
|-----------|----------|
| 02        |          |
| PROYECTO  | AGRICOLA |
| FECHA     | 2024     |
| UBICACIÓN | SECTOR 1 |
| PROYECTO  | SECTOR 1 |
| FECHA     | 2024     |
| UBICACIÓN | SECTOR 1 |
| PROYECTO  | SECTOR 1 |
| FECHA     | 2024     |
| UBICACIÓN | SECTOR 1 |