

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE**



**“INFLUENCIA DEL RIEGO INTERMITENTE Y PARCIAL DE LA
ZONA DE RAÍCES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA
VARIEDAD ÚNICA.”**

Presentada por:

JOSÉ NOEL CONDORI CAHUAPAZA.

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO MAGISTER
SCIENTIAE EN RIEGO Y DRENAJE**

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE**

**“INFLUENCIA DEL RIEGO INTERMITENTE Y PARCIAL DE LA
ZONA DE RAÍCES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA
VARIEDAD ÚNICA.”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO MAGISTER
SCIENTIAE EN RIEGO Y DRENAJE**

Presentada por:

JOSÉ NOEL CONDORI CAHUAPAZA.

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

**Dr. Abel Mejía Marcacuzco
PRESIDENTE**

**Mg.Sc. Miguel Sánchez Delgado
ASESOR**

**Ph.D. Absalón Vásquez Villanueva
MIEMBRO**

**Mg.Sc. Gonzalo Fano Miranda
MIEMBRO**

**Mg.Sc. Edgardo Alaluna Gutiérrez
CO-ASESOR**

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madre Juana Cahuapaza C, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mi padre Eusebio Condori P, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan que me ha inculcado, por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos y familiares por acompañarme en todo el transcurso de mi vida, por sus palabras y sus motivaciones que me brindan.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por haberme recibido como estudiante y brindado las condiciones para poder desarrollarme como profesional.

A mi patrocinador de Tesis de maestría el Dr. Miguel Ángel Sánchez Delgado y miembros de mi Comité Consejero Ph.D. Absalón Vásquez Villanueva, Mg.Sc. Gonzalo Fano Miranda y Dr. Abel Mejía Marcacuzco, por sus conocimientos, sus consejos, y motivación que me brindaron para poder lograr este trabajo.

A todos los docentes de la Maestría de Riego y Drenaje, quienes me guiaron durante mi formación académica profesional.

A mis compañeros de la Maestría de Riego y Drenaje por todas las recomendaciones y sugerencias que me brindaron y que fueron de mucha ayuda en cada etapa de mi estadía en la UNALM

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se aplicó una técnica de riego para disminuir los aportes hídricos con respecto a las necesidades de riego del cultivo de papa, para ello se evaluó el efecto de la aplicación del secado parcial de la zona de raíces más riego intermitente, el riego intermitente y el riego continuo en el cultivo de papa variedad UNICA. Se evaluó el volumen de agua utilizado en cada tratamiento y el rendimiento de la producción de cada uno de los tratamientos de riego. El trabajo fue realizado en el campo experimental perteneciente a la Universidad Nacional Agraria la Molina, siendo el área neta de cada tratamiento 360 m² y estuvo conformado por 6 bloques, el área total neta del campo experimental fue 1080 m². El diseño estadístico del experimento fue bloques completamente al azar con arreglo de 3 por 6. Los rendimientos promedio por planta es de: 1684.79 gr, 1534.50 gr y 1411.91 gr, y llevados a tn/ha es 42.12 tn/ha, 38.36 tn/ha y 35.30 tn/ha, para las técnicas de riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente, el riego intermitente y el riego continuo respectivamente

Así mismo en los tres tratamientos se analizaron el consumo de agua utilizado en todo el periodo vegetativo, en las cuales el riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente, riego intermitente y el riego continuo, consumieron los volúmenes de agua de: 1446.97 m³/ha, 2903.24 m³/ha y 7471.69 m³/ha respectivamente. Si comparamos el riego parcial de la zona de raíces más el riego intermitente con los tratamientos de riego intermitente y el riego continuo, se obtuvo un ahorro de agua del 1456.27 m³/ha y 6024.72 m³/ha, respectivamente.

Palabras claves: Cultivo, Ingeniería hidráulica. Riego, Sistema de irrigación

ABSTRACT

In the present research work, an irrigation technique was applied to reduce the water supply with respect to the irrigation needs of the potato crop, for which the effect of the application of partial drying of the root zone plus intermittent irrigation was evaluated. Intermittent irrigation and continuous irrigation in the cultivation of potato variety UNICA. The volume of water used in each treatment and the production yield of each of the irrigation treatments were evaluated. The work was done in the experimental field belonging to the National Agrarian University La Molina, being the net area of each treatment 360 m² and was made up of 6 blocks, the total net area of the experimental field was 1080 m². The statistical design of the experiment was blocks completely randomized according to 3 by 6. The average yield per plant is: 1684.79 gr, 1534.50 gr and 1411.91 gr, and brought to tn/ha is 42.12 tn/ha, 38.36 tn/ha and 35.30 tn/ha, for the techniques of partial irrigation of the root zone plus intermittent irrigation, intermittent irrigation and continuous irrigation respectively

Likewise, in the three treatments the water consumption used throughout the vegetative period was analyzed, in which the partial irrigation of the root zone plus intermittent irrigation, intermittent irrigation and continuous irrigation, consumed the water volumes of: 1446.97 m³/ha, 2903.24 m³/ha and 7471.69 m³/ha respectively. If we compare the partial irrigation of the root zone plus intermittent irrigation with intermittent irrigation treatments and continuous irrigation, water savings of 1456.27 m³/ha and 6024.72 m³/ha, respectively, were obtained.

Keyword: Cultivation, hydraulic engineering. Irrigation, Irrigation system

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1.	La papa variedad UNICA.	2
2.2.	Crecimiento, desarrollo y tuberización.....	3
2.3.	La fertilización.....	5
2.4.	Necesidades de nutrientes minerales	5
2.5.	Manejo del cultivo.	7
2.5.1.	Riego.....	7
2.5.2.	Control de malezas.	7
2.5.3.	Aporque.	8
2.5.4.	Oportunidad de aporque.	8
2.6.	Estrés.....	8
2.6.1.	Estrés hídrico.	9
2.6.2.	Estrés hídrico en cultivos.....	9
2.7.	Sequia.....	10
2.8.	Eficiencia de uso de agua (EUA).....	10
2.9.	Riego deficitario	11
2.9.1.	Riego deficitario controlado (RDC).	11
2.9.2.	Riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces (SPZR)	12
2.10.	Riego Intermitente.....	14
2.10.1.	Antecedentes del riego intermitente.	15
2.10.2.	Descripción General del Riego Intermitente	15
2.10.3.	Descripción del proceso físico del Riego Intermitente.....	16
2.10.4.	Ventajas del riego intermitente.....	16
2.10.5.	Comparación entre el Riego Intermitente y el Riego Continuo	17
2.10.6.	Adaptación del riego intermitente a los campos y cultivos.....	18
2.11.	Perdidas por riego de gravedad.	18
2.12.	Evapotranspiración.....	19
2.12.1.	Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)	19
2.12.2.	Evapotranspiración del cultivo (ET_c)	21
2.13.	Coeficiente del cultivo (K_c)	22
2.14.	Precipitación efectiva (Pe)	23

2.15.	Necesidades netas de riego.....	23
2.16.	Eficiencia de aplicación	24
2.17.	Hidráulica de riego por surcos	24
2.18.	Proceso del riego por surcos.....	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
3.1.1.	Características del suelo	29
3.1.2.	Características del agua para el riego.	29
3.2.	TRATAMIENTOS	30
3.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL	31
3.3.1.	Tratamiento estadístico.....	32
3.4.	EQUIPOS Y MATERIALES USADOS	32
3.4.1.	Equipos	32
3.5.	ÁREA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL	33
3.6.	DISEÑO AGRONÓMICO	34
3.7.	EVALUACIÓN DE RIEGOS	38
3.8.	MANEJO AGRONÓMICO DEL CAMPO EXPERIMENTAL	38
3.9.	PARÁMETROS EVALUADOS	40
3.9.1.	Características biométricas	40
3.9.2.	Componentes de rendimiento:	40
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
4.1.	Calculo de fertilización NPK.....	41
4.2.	Resultados de diseño agronómico.....	42
4.2.1.	Caudal máximo no erosivo	42
4.2.2.	Lámina neta	43
4.2.3.	Determinación de la Evapotranspiración de cultivo (ETc)	45
4.2.4.	Numero de riegos por mes.....	45
4.3.	Conducción del experimento	46
4.4.	Evaluación de los riegos efectuados	47
4.5.	Análisis de tiempos de apertura y cierre	47
4.5.1.	Pruebas de avance registradas.	51
4.5.2.	Contenido de humedad en el suelo	52
4.5.3.	Eficiencia de riego	56
4.5.4.	Volumen de agua aplicado por tratamiento.....	56

4.6.	Evaluación de número de tallos por planta.....	60
4.7.	Evaluación de número de tubérculos por planta.....	62
4.8.	Rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA.....	64
4.8.1.	Rendimiento no comercial.....	65
4.8.2.	Rendimiento comercial.....	66
4.8.3.	Rendimiento total.....	67
V.	CONCLUSIONES.....	69
VI.	RECOMENDACIONES.....	70
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
VIII.	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1:	Extracción relativa de nutrientes en el cultivo de papa para diferentes rendimientos, según autores.....	5
Cuadro 2.2:	Necesidades nutricionales de la planta para producir 1 tonelada de tubérculo.....	6
Cuadro 2.3:	Coefficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque Clase A.....	21
Cuadro 2.4:	Valores de la rugosidad de Manning (n) para surcos según NRC.....	25
Cuadro 3.1:	Análisis mecánico del suelo.....	29
Cuadro 3.2:	Clasificación de salinidad del agua para riego.....	30
Cuadro 3.3:	Relación de tratamientos.....	31
Cuadro 3.4:	Distribución de grados de libertad por fuente de variación.....	32
Cuadro 3.5:	Valores de constantes según la textura del suelo.....	34
Cuadro 3.6:	Planilla de manejo de riego.....	37
Cuadro 3.7:	Descripción de calibres o diámetros de tubérculos de papa.....	40
Cuadro 4.1:	Resumen de tiempos de apertura y cierre del riego intermitente.....	47
Cuadro 4.2:	Resumen de tiempos de apertura y cierre del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.....	49
Cuadro 4.3:	Contenido de humedad – Riego continuo.....	53
Cuadro 4.4:	Contenido de humedad – Riego intermitente.....	54
Cuadro 4.5:	Contenido de humedad – RPZR con intermitente.....	55
Cuadro 4.6:	Eficiencia de aplicación de riego del tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.....	57
Cuadro 4.7:	Eficiencia de aplicación de riego del tratamiento de riego intermitente.....	58
Cuadro 4.8:	Eficiencia de aplicación de riego del tratamiento de Riego Continuo.....	59
Cuadro 4.9:	Volumen total de aplicación de agua por campaña.....	59
Cuadro 4.10:	Resultados promedio de numero de tallos por planta.....	60
Cuadro 4.11:	Cuadrados medios y análisis de variancia para número de tallos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	61
Cuadro 4.12:	Prueba de comparación de medias de Tukey para número de tallos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	61
Cuadro 4.13:	Resultados promedio de numero de tubérculos por planta.....	62

Cuadro 4.14: Cuadrados medios y análisis de variancia del número de tubérculos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	63
Cuadro 4.15: Prueba de comparación de medias de Tukey para número de tubérculos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	63
Cuadro 4.16: Rendimiento del cultivo de papa.....	64
Cuadro 4.17: Cuadrados medios y análisis de variancia del rendimiento no comercial de tubérculos del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	65
Cuadro 4.18: Prueba de comparación de medias de Tukey para el rendimiento no comercial del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	65
Cuadro 4.19: Cuadrados medios y análisis de variancia del rendimiento comercial de tubérculos del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	66
Cuadro 4.20: Prueba de comparación de medias de Tukey para el rendimiento comercial del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	67
Cuadro 4.21: Cuadrados medios y análisis de variancia del rendimiento total de tubérculos por planta, para los tres tipos de riego.....	68
Cuadro 4.22: Prueba de comparación de medias de Tukey para el rendimiento total del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:	Aplicación del riego intermitente.....	14
Figura 2.2:	Curva generalizada del coeficiente del cultivo (Kc).....	22
Figura 2.3:	Fases de avance.....	27
Figura 3.1:	Croquis de distribución del campo experimental.....	29
Figura 3.2:	Riego Parcial de la Zona de Raíces (RPZR).....	31
Figura 3.3:	Riego continuo.....	31
Figura 3.4:	Aporque y fertilización del cultivo de papa var. UNICA, 27-07-17.....	39
Figura 3.5:	Aplicación del insecticida REZIO 75 WP, del cultivo papa var. UNICA...	39
Figura 4.1:	Régimen hídrico etapa no experimental.....	46
Figura 4.2:	Régimen hídrico etapa experimental.....	47
Figura 4.3:	Curva de avance del riego intermitente – Primer Riego – Surco 1.....	51
Figura 4.4:	Curva de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia - Primer riego – Surco 1.....	51
Figura 4.5:	Contenido de humedad – Riego continuo.....	53
Figura 4.6:	Contenido de humedad – Riego Intermitente.....	54
Figura 4.7:	Contenido de humedad – RPZR con intermitente.....	55
Figura 4.8:	Efecto del tipo de riego sobre el número de tallos por planta.....	61
Figura 4.9:	Efecto del tipo de riego sobre el número tubérculo por planta.....	63
Figura 4.10:	Efecto del tipo de riego sobre el rendimiento de tubérculos no comerciales por planta (g/planta).....	66
Figura 4.11:	Efecto del tipo de riego sobre el rendimiento de tubérculos comerciales por planta (g/planta).....	67
Figura 4.12:	Efecto del tipo de riego sobre el rendimiento total de tubérculos por planta (g/planta).....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01:	Planilla de riego etapa no experimental.....	78
ANEXO 02:	Planilla de riego etapa experimental.....	81
ANEXO 03:	Tiempos de apertura y cierre del Riego Intermitente.....	85
ANEXO 04:	Tiempos de apertura y cierre del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.....	116
ANEXO 05:	Curvas de avance del tratamiento de riego intermitente.....	132
ANEXO 06:	Curvas de avance del tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.....	148
ANEXO 07:	Numero de tallos y tubérculos por planta del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.....	159
ANEXO 08:	Numero de tallos y tubérculos por planta del riego intermitente.....	164
ANEXO 09:	Numero de tallos y tubérculos por planta del riego continuo.....	171
ANEXO 10:	Rendimiento de tubérculos comerciales, no comerciales y totales (g/planta), del riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente.....	177
ANEXO 11:	Rendimiento de tubérculos comerciales, no comerciales y totales (g/planta), del riego intermitente.....	183
ANEXO 12:	Rendimiento de tubérculos comerciales, no comerciales y totales (g/planta), del riego continuo.....	189
ANEXO 13:	Imágenes fotográficas.....	195

I. INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los tubérculos más importantes en la producción alimentaria por ser un producto de consumo masivo, el área de cultivo registrado en el año del 2018 fue de 321,200 hectáreas, lo cual está aumentando constantemente debido a que es un producto con alta demanda. Sin duda esta alternativa productiva es importante en la economía actual del agricultor.

El riego mayormente usado en nuestro país para el cultivo de papa es por superficie (gravedad) que continua teniendo una importancia en nuestro país, el riego por gravedad es utilizado en más de 1'590,545.73 hectáreas, significando el 88.0% del total del área bajo riego, la superficie bajo riego por gravedad predomina en la Costa y Sierra representando el 83.3%. Este sistema de riego tiene una baja eficiencia de aplicación que esta alrededor de 25 al 30%.

Siendo la escasez del agua uno de problemas más significativos para la agricultura, para la prevención de situaciones de estrés hídrico y baja productividad se tiene la necesidad de incrementar la eficiencia y racionalización del recurso hídrico, mejorando así la productividad del agua, la cual se mide mediante la cantidad de producción que se obtiene por unidad de agua utilizada en la producción. Existe la necesidad de estudiar los efectos de las técnicas de riego que nos permitan obtener rendimientos más altos, con la disminución del recurso hídrico sin afectar considerablemente la producción de cultivo de papa, variedad única

Ante esto, en el presente trabajo se aplicó técnicas de riego para disminuir los aportes hídricos con respecto a las necesidades de riego del cultivo de papa, cuyo objetivos específicos fueron: “Evaluar el volumen de agua por efecto del riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente, riego intermitente y riego continuo, en el cultivo de papa y determinar el rendimiento por efecto del riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente, riego intermitente y riego continuo, en el cultivo de papa variedad UNICA”.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La papa variedad UNICA.

UNICA es una variedad que tiene atributos de resistencia y precocidad que la hacen atractiva para los agricultores involucrados en el cultivo de papa. La adaptación de la variedad única a diferentes ambientes permite una amplia distribución geográfica, en regiones de la costa y sierra del Perú. Las buenas características para el consumo en fresco y para el procesamiento en tiras, representan una alternativa de mejores ingresos para los agricultores por la demanda que puede generar en el mercado (Gutiérrez y Espinoza 2007).

Presenta características de semi precoz (90 a 110 días) en condiciones de trópico bajo como la costa o los valles interandinos (0 a 1.500 msnm). Debido a su gran estabilidad en diferentes épocas de siembra y en diferentes localidades, mantiene el rendimiento a diferencia de otras variedades. Para el invierno en zonas de costa peruana (trópico bajo) y en épocas húmedas de la zona sierra (trópico alto) se puede alcanzar el rendimiento potencial (50 t ha⁻¹). Comercialmente se pueden lograr rendimientos promedios de hasta 40 t ha⁻¹. Posee ligera tolerancia a sales y a temperaturas cálidas, pudiendo tuberizar con temperaturas nocturnas de hasta 16 °C (Vásquez 2003), siendo una ventaja, pues en condiciones del fenómeno del niño, la producción de papa en la costa peruana se ve afectada por el incremento de la temperatura, inhibiéndose la tuberización en las variedades tradicionales. La amplia adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas de la costa, favorece la programación de las siembras y cosechas en una mayor amplitud de épocas (CIP 1998).

En general, la planta de la variedad UNICA presenta hábito de crecimiento erecto, porte mediano, tallos gruesos de color verde oscuro, alcanzando una longitud entre 90 a 120 cm. Las hojas son verde oscuras con cinco pares de folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre los peciolulos (Gutiérrez y Espinoza 2007). Presenta floración moderada en la primavera de costa, escasa floración en el invierno en costa y ausencia de floración en la sierra (> a 2000 msnm.); las flores son de color violáceo algo pálidas y no forman bayas en épocas con bajas temperaturas. Los estolones son alargados en el invierno o bajo condiciones

de sierra y ligeramente cortos y pegados al tallo en la primavera. Además, los tubérculos son oblongo alargados, con ojos superficiales, el ojo apical es semi-profundo y los brotes son rojo violáceos. La piel del tubérculo es de color rosado, que toma una tonalidad más clara hacia finales de la primavera en la costa y es roja en condiciones de la sierra, la pulpa es blanca marfil (Gutiérrez y Espinoza 2007).

El principal uso dado a esta variedad es para el consumo en fresco, sin embargo también presenta atributos para el procesado de papas peladas y cortadas en tiras (CIP 2002), utilizada comúnmente en el Perú como guarnición para los pollos a la brasa, teniendo un 58 % de rendimiento en procesamiento para tiras mayores de 8 cm sobre el rendimiento total. En pruebas realizadas en ocho localidades de la costa peruana (CIP 1998) el porcentaje promedio de materia seca fue 19.06 %. Los azúcares reductores presentes en los tubérculos varían en el rango de 0,19 a 1,59 % (Vásquez 2003).

2.2. Crecimiento, desarrollo y tuberización.

El conocimiento de la fenología de las plantas de papa y de la asimilación de nutrientes durante el crecimiento y desarrollo, es de importancia clave para determinar los sistemas de fertilización. La papa es un cultivo que requiere asimilar grandes cantidades de nutrientes en un breve período de tiempo, ya que su sistema radicular es fibroso, ramificado, poco desarrollado y superficial, lo que limita la intercepción radical de los nutrientes. Presenta un crecimiento acelerado de su follaje que se expande libremente y un período relativamente corto de engrosamiento de los tubérculos, como órgano de reserva (Gruner y De Geus 1982).

Kupers (1985), señala que debe tomarse en cuenta que las plantas de papa necesitan altas cantidades de nitrógeno y potasio, durante el engrosamiento de los tubérculos y que aparte de las concentraciones de estos elementos en el suelo, la capacidad del sistema radicular para tomar esas grandes cantidades de nutrientes hasta la cosecha define en gran medida la longitud de la duración de las hojas activas y por lo tanto el rendimiento del cultivo. El incremento de rendimientos debido a la aplicación de fertilizantes tiene como límites la posibilidad de aprovechamiento de la radiación luminosa, el suministro de agua, las particularidades de las variedades, la relación entre la tasa de fotosíntesis y la respiración, y cuanto factor influya en la duración del ciclo de vida de las plantas. Voisin (1984), al estudiar la acción de cada nutriente, no debe descuidarse la ocurrencia de antagonismos y sinergismos iónicos entre ellos y las condiciones del entorno. También debe tomarse en cuenta la acción

de la “Ley de los incrementos de rendimientos no proporcionales”, la cual postula que a medida que un cultivo se acerca a sus rendimientos máximos, cada incremento exigirá una tasa mayor de nutrientes por unidad de rendimiento, afectando la rentabilidad del cultivo.

En el inicio de la tuberización, habiéndose formado solamente 20 % de la materia seca total final de las plantas, la asimilación de nutrientes minerales puede ascender al 40 % del total. Al final de la floración, con un 45 % de la producción de materia seca, ya la planta ha asimilado el 75 % de los nutrientes (Gruner 1983).

Como conclusión práctica, es necesario respetar la “ley del anticipo”, ya que los nutrientes deben estar disponibles a las plantas en épocas tempranas y en cantidades suficientes (Van der Zaag 1990).

La planta, unas cuantas semanas después de su emergencia, asimila ávidamente el potasio, y disminuye sensiblemente la asimilación después de alcanzarse la época de pleno crecimiento (Van der Zaag 1990). La absorción total de nutrientes dependerá de numerosos factores como el rendimiento obtenido, la disponibilidad de nutrientes que tuvo la planta y la variedad. La mayor necesidad de nutrientes en el cultivo de papa, ocurre durante el tiempo que transcurre entre el inicio de la tuberización y el final de la etapa de floración, mostrando una estrecha correlación con el engrosamiento o llenado de los tubérculos. La absorción de nutrientes en esta primera etapa de desarrollo de las plantas de papa es más rápida que la producción de materia seca.

El cultivo de papa extrae del suelo 4.0 – 6.0 kg de N, 0.7 – 1.1 kg de P₂O₅, 6.0 – 7.5 kg de K₂O y 0.6 – 0.8 kg de CaO para producir una tonelada de tubérculos (Villagarcía 1990). Otros autores mencionan que el cultivo de papa para lograr rendimientos económicamente aceptables extrae del suelo 3.5 kg de N, 0.9 kg de P₂O₅, 5.3 kg de K₂O por tonelada de tubérculos, llegándose a aplicar cantidades de hasta 400-200-300 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente (INCA 1987). Las cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo de papa según diferentes autores con rendimientos moderados a altos se muestran en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Extracción relativa de nutrientes en el cultivo de papa para diferentes rendimientos, según autores.

Rendimiento	N	P₂O₅	K₂O	Referencia
t ha⁻¹	----- Kg ha⁻¹ -----			
20	140	39	190	FAO/IFA 2002
38	224	67	336	Dahnke, Nelson, 1976
40	175	80	310	FAO/IFA, 2002
40	120	55	221	Kupers, 1972
56	235	71	400	Westermann, 2002
63	288	128	396	Sierra et al, 2002
94	300	80	480	Sierra et al, 2002

Fuente: Compilado por Campos (2014).

2.3. La fertilización

La practica de la fertilizacion consiste en apicar al suelo los nutrientes que se encuentran insuficientes para un produccion esperada. Los suelos sometidos a una agricultura intensiva si bien pueden tener una alta capacidad productiva generalmente son deficientes en nitrogeno, fosforo, potasio y agunas veces en otros macro y micro elementos que el agricultor necesita aplicarlos para obtener altos rendimientos que e aseguren una rentabilidad (DRAA 2008).

Son 16 elementos químicos (nutrimentos) que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Hochmuth 2001). Tres elementos; carbono, oxigeno e hidrógenos son tomados por las plantas del aire y del agua; los 13 elementos restantes provienen del suelo y se denominan minerales. Cuando un suelo no proporciona alguno de estos nutrientes en la cantidad que lo requieren las plantas, es necesario aplicarlo a través de un fertilizante.

2.4. Necesidades de nutrientes minerales

El cultivo de papa para producir una tonelada de tubérculo fresco (cosecha económica), necesita extraer del suelo:

Cuadro 2.2. Necesidades nutricionales de la planta para producir 1 tonelada de tubérculo.

4 a 6	Kg de N.
0.7 a 1.1	Kg de P (1.6 a 2.5kg. de P ₂ O ₅)
6 a 7.5	Kg de K (7.2 a 9.0kg. de K ₂ O)
0.6 a 0.8	Kg de Mg.
0.6 a 0.8	Kg de Ca.
0.6 a 0.8	Kg de S.
80 a 120	gr de Fe.
12 a 60	gr de Mn.
12 a 60	gr de Zn.
2 a 60	gr de Cu.
12 a 40	gr de B.
2 a 6	gr de Mo.

Fuente: DRAA (2008).

Las variaciones de la cantidad extraída de nutrientes minerales por la papa dependen de la riqueza natural del substrato, de la variedad sembrada. Por ejemplo en suelos bien provistos en NPK ya sea porque los suelos son ricos por naturaleza o porque fueron suficientemente fertilizados en los tejidos vegetales de la papa se encontrara mayor concentración de estos elementos y la cantidad extraída por unidad de producción será más alta. Es por ello que se afirma que una adecuada fertilización no solo incrementa la producción en cantidad sino también en calidad representada en mayor proporción de proteínas, vitaminas, etc. En suelos ácidos la disponibilidad de elementos menores como Fe, Mn, Zn, Cu y B (excepto Mo) habitualmente es mayor, por consiguiente un cultivo de papa que crece en suelos ácidos obviamente tendrá mayor concentración y extraerá mayor cantidad de estos elementos por unidad de producción.

De la misma manera si el cultivo estuviese sembrado en un suelo calcáreo donde los elementos menores se encuentran mayormente en la forma oxidada es decir en formas menos disponibles, los tejidos tendrán menor concentración de estos minerales (Fe, Mn Zn, Cu, B) y las extracciones por unidad de producción serán menores sin que necesariamente signifique deficiencia que limite la producción.

Cuando se piensa en fertilizar, comúnmente se limita a los macro nutrientes primarios (NPK) y raras veces a los micro nutrientes secundarios (Ca, Mg y S) debido a que los suelos cultivados generalmente son suficientes en estos nutrientes y en caso de que no lo fueren se eligen fertilizantes nitro-fosfo-potásicos que adicionalmente contengan estos elementos en su composición. (DRAA 2008).

2.5. Manejo del cultivo.

2.5.1. Riego.

El trabajo de aplicación de agua al cultivo de papa (riego) es de mucha importancia porque el rendimiento del cultivo está directamente y positivamente relacionado con la cantidad total de agua aplicada por campaña. Es decir, si se dispone de buen drenaje y es posible controlar las enfermedades causadas por hongos y bacterias, “a más agua mayor rendimiento”.

La planta de papa es muy sensible tanto a la falta (déficit) como al exceso de agua. El exceso puede ser contrarrestado por diferentes formas pero las pérdidas que causa la deficiencia de agua son más comunes y notorias.

En el sistema de producción en secano, los cultivos de papa de mejor rendimiento son aquellos que reciben por lo menos 600mm de precipitación (lluvia). Si en una zona de producción la cantidad de lluvia es menor a la cifra citada, es necesario utilizar una variedad precoz o agotar cualquier posibilidad para mejorar la infraestructura de riego.

Los riegos deben ser ligeros y frecuentes antes que distanciados y pesados (Egusquiza y Catalán 2011).

2.5.2. Control de malezas.

Las malezas o malas hierbas son otras plantas que compiten con las plantas de papa en el uso del espacio, agua y nutrientes; por otro lado, las malezas pueden ser hospederos de patógenos que causan daños al cultivo de papa. Siendo así, es recomendable mantener densidades muy bajas de malezas y si el campo de papa estuviera dedicado a la producción de semillas, debe estar libre de malezas (Egusquiza y Catalán 2011).

Las malezas compiten en la absorción de nutrientes, agua, luz y además pueden ser hospederos de plagas y enfermedades, este control se realiza generalmente en el primer

aporque; el control químico se utiliza cuando hay cantidad excesiva de malezas y en situaciones de escasez de mano de obra (Jiménez 2010).

2.5.3. Aporque.

Es el traslado de tierra al cuello de las plantas de papa. En muchos lugares de la sierra se denomina segundo cultivo. El aporque eleva la altura de los camellones profundiza el surco de riego y asila las raíces estolones y tubérculos de las plagas que proceden del exterior (Egusquiza y Catalán 2011).

2.5.4. Oportunidad de aporque.

Se realiza cuando las plantas alcanzan entre 25 y 30 cm de altura. La oportunidad del aporque es muy dependiente de las condiciones de lluvia (muchas veces debe aprovecharse un periodo de “escampe” en el que hay ausencia de lluvia y el suelo se encuentra con humedad apropiada).

El aporque debe ser más cuidadoso o debe hacerse doble aporque cuando las condiciones son muy favorables sobre todo a la ranca y a la incidencia de gorgojo de los andes.

No es deseable realizar el aporque cuando el suelo está muy húmedo porque se compacta o produce terrones; tampoco es recomendable aporcar cuando las plantas tienen más de 35 cm, porque se produce daños (heridas) a las plantas y a la zona subterránea que se convierten en vías de ingreso de enfermedades (Egusquiza y Catalán 2011).

2.6. Estrés

El concepto de estrés se ha dado bajo diferentes enfoques que han sido publicados por diferentes autores, siendo así, en la definición biofísica de estrés involucra una fuerza ejercida sobre un objeto en relación con el área sobre el cual se aplica, equivalente al concepto de presión (Tambussi 2004), Por lo tanto, en el marco de la fisiología vegetal, el término estrés refleja la magnitud de presión ambiental que fuerza al cambio en la fisiología de una planta (Nilsen y Orcutt 1996).

Otra definición del estrés menciona Lambers et al. (1998), que es cualquier factor ambiental abiótico o biótico que reduce la tasa de algún proceso fisiológico (por ejemplo, crecimiento o fotosíntesis) por debajo de la tasa máxima respecto de la que podría alcanzar.

2.6.1. Estrés hídrico.

Existen variadas clasificaciones de los factores de estrés. En general, estos pueden ser clasificados en físicos, químicos y bióticos, siendo los dos primeros agrupados bajo el término de estreses abióticos. Entre los factores físicos se pueden mencionar el estrés hídrico que incluye dos tipos de estrés contrapuestos: por déficit o exceso de agua en el suelo (Tambussi 2004).

2.6.2. Estrés hídrico en cultivos.

Richards and Rowe (1997), señala que el estrés por déficit hídrico no siempre es el factor central; está claro que el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita la distribución geográfica y el rendimiento de la mayoría de los cultivos (Araus et al. 2002).

Tambussi (2004), clasifica el comportamiento de las plantas frente al estrés hídrico, lo cual lo clasifica en tres tipos: escape, evitación y tolerancia. En el primer caso, las plantas ajustan su fenología para cumplir su ciclo fuera de los periodos de déficit hídrico (Araus et al. 2002; Slafer and Rawson 1994). En el segundo caso, las plantas poseen mecanismos para evitar (o postergar) la deshidratación; una estrategia es aumentar la capacidad de absorción de agua gracias al incremento de la superficie radicular o disminución de la resistencia hidráulica siendo frecuente en plantas conocidas como “derrochadoras de agua” o “wáter-splenders” (Nilsen y Orcutt 1996); la estrategia inversa es la que adoptan las plantas “ahorradoras”, que minimizan las pérdidas de agua por diversas vías, tales como el cierre estomáticos y la disminución de la transpiración cuticular; dentro de esta misma estrategia conservadora podrían incluirse las plantas que producen menos biomasa aérea al sufrir déficit hídrico, aumentando por ende la proporción relativa de masa radicular (Tambussi 2004).

Tambussi (2004), menciona que diversos y numerosos procesos de la planta pueden ser alterados por el estrés hídrico, entre estos se tienen:

- Inhibición del crecimiento: uno de los primeros efectos del déficit hídrico sobre los vegetales es la inhibición de la elongación celular y por ende, del crecimiento. Es bastante conocido que el crecimiento de la raíz es menos sensible que el crecimiento de la parte aérea, lo que conduce a un aumento de la relación parte aérea / raíz (Mullet y Whitssit 1996).

- Cierre estomático: el cierre estomático (y la consecuente disminución de la conductancia) es uno de los efectos del estrés hídrico más ampliamente conocido. El fenómeno está vinculado al aumento de los niveles xilémicos (o cambios en el compartimentalización) de ácido abscísico (ABA), aunque la intensidad de la respuesta puede ser modulada por otros factores tales como el gradiente de presión parcial de vapor de agua (VPD) de forma aun no del todo esclarecida (Simonneau and Tardieu 1998). Es un hecho conocido que el cierre estomático puede inducirse aun antes de cualquier cambio detectable en el potencial hídrico y el contenido relativo de agua (RWC) de las hojas, y actualmente se acepta la existencia de una señal proveniente de las raíces (Flexas y Medrano 2002A). La señal que hipotéticamente provendría de las raíces ha sido asociada con el ABA, aunque el mecanismo exacto del proceso parece ser complejo y no ha sido esclarecido aun (Davies y Gowing 1999). El resultado obvio del cierre estomático es la disminución de la tasa transpiratoria y por ende, del agua consumida por la planta (Tambussi 2004).

El mecanismo de resistencia a nivel fisiológico es el cierre de estomas, ya que estos son los responsables de la mayor proporción de pérdida de agua en las plantas. El proceso de cierre de los estomas, cuando el mesófilo comienza a sufrir deshidratación, está regulado por el ácido abscísico (ABA) (Leung y Giraudat 1998).

2.7. Sequia

Este término denota en muchos casos esta interacción entre baja disponibilidad hídrica, alta temperatura y alta irradiancia (Tambussi 2004). Sequia es un concepto de tipo meteorológico más que fisiológico, ya que se refiere a un periodo en el cual las precipitaciones no compensan el agua perdida por evapotranspiración (Passioura 1996).

2.8. Eficiencia de uso de agua (EUA)

La eficiencia de uso de agua es generalmente definida como la cantidad total de biomasa producida o acumulada por unidad de agua usada por la planta durante un periodo o tiempo (Fageria et al. 2006; Jovanovic et al. 2010).

Cuando se pretende enfocar el empleo del agua por un componente meramente productivo y económico, se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento en Kg de producto por m³ de agua utilizada (Fernandez y Camacho 2005).

EUA o Productividad del agua = Producción (Kg)/Agua utilizada (m3)

En términos biológicos, la eficiencia de uso de agua, según Sinclair et al. (1984), Está definida como la relación entre la biomasa acumulada, expresada como asimilación de dióxido de carbono, biomasa total del cultivo o como el rendimiento de grano de cultivo, con respecto al consumo de agua expresado como transpiración, evapotranspiración o como el total de agua que ingreso al sistema; además afirma que el tiempo en el que se define la eficiencia de uso de agua puede ser instantáneo, diario o estacional.

2.9. Riego deficitario

Estrategias de riego deficitario capaces de reducir el agua aplicada con el mínimo impacto posible sobre la producción, toman una especial relevancia en su estudio (Sánchez y Torrecillas 1995). En este sentido Hargreaves y Samani (1985), señalan que los riegos deficitarios pueden proporcionar unos retornos económicos por unidad de superficie, mayores que los obtenidos con riegos para máximas producciones.

Siendo así, la técnica de riego deficitario de alta frecuencia consiste en regar todo el ciclo por debajo de la demanda del cultivo pero utilizando una frecuencia de aportes lo suficientemente alta como para evitar la aparición de situaciones de estrés trascendentes. En ese sentido, los primeros trabajos realizados en distintos cultivos herbáceos consiguieron apreciables reducciones de agua sin mermas en la producción. Si bien el riego deficitario de alta frecuencia puede constituir una clara alternativa ante determinadas circunstancias, no es menos cierto que se presenta lagunas importantes, como no considerar que el déficit hídrico puede resultar más o menos trascendente en función del momento fenológico. Por estas razones, en los últimos años han adquirido una especial relevancia enfoques más fisiológicos del problema, presentando una especial atención tanto a la fenología del cultivo como a su capacidad para resistir situaciones de déficit hídrico, de esta manera surge lo que ha venido en llamarse riego deficitario controlado (RDC) (Sánchez y Torrecillas 1995).

2.9.1. Riego deficitario controlado (RDC).

Un paso adelante en la mejora de la eficiencia del uso del agua fue la aplicación de la técnica de Riego Deficitario Controlado (RDC), que desde finales de la década de los 80 se vienen aplicando a diversos frutales, en la que el déficit hídrico se hacen coincidir con determinados periodos fenológicos. El RDC es una alternativa en situaciones de limitada disponibilidad

de agua para el riego que trata de adecuar los aportes hídricos al comportamiento fisiológico del árbol se basa en reducir las dosis de agua a aplicar en momentos o periodos fenológicos en los que el déficit hídrico no afecta (o afecta menos) a la producción final, aplicando el cien por ciento de las necesidades hídricas en los periodos críticos (Chalmers et al. 1981)

2.9.2. Riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces (SPZR)

Con la finalidad de no reducir el rendimiento de la producción de los cultivos, al aplicar el déficit hídrico con el fin del ahorro de agua de riego, otra técnica de riego deficitario planteada recientemente es el denominado riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces, más conocido como PRD (de las siglas en inglés de *Partial Rootzone Drying*). Se trata de una técnica localizada, desarrollada en Australia, que ha permitido importantes ahorros de agua sin pérdidas en el rendimiento y calidad de la cosecha (Loveys et al. 1997 y 1998).

El SPZR se trata de una técnica de riego deficitario en donde una parte del sistema radical permanece húmedo, con lo que se asegura un aporte hídrico suficiente para mantener el vigor de la parte aérea, mientras que otra zona del sistema radical permanece seca, con lo que se liberan señales bioquímicas que son transportadas vía xilema a las hojas, que una vez en la parte aérea regulan a apertura de estomas y limitan las pérdidas de agua vía transpiración (Davies et al. 1994; Davies and Zhang 1991). Para mantener la reducción en la apertura de los estomas se necesita una señal continua desde el sistema radical que se obtiene por medio de la alternancia en las zonas “seca” y “humedad” de las raíces (Stoll et al. 2000). La frecuencia del cambio de riego un lado de la raíz al otro depende del cultivo de la etapa de crecimiento y del balance hídrico del suelo (Jovanovic et al. 2010).

El SPZR se basa en el papel que las fitohormonas pueden jugar en el control de las pérdidas de agua vía transpiración (Dry et al. 2000. A, B). Existen evidencias de que las raíces responden ante la disminución del potencial hídrico del suelo enviando señales de tipo químico al tallo, tales como el ácido abscísico (ABA), que promueven el cierre estomático. El SPZR trata de separar la respuesta bioquímica de la planta al estrés hídrico (aprovechando sus efectos beneficiosos) de los efectos adversos de la falta de agua (Davies et al. 1994; Davies and Zhang 1991).

Investigando los cambios fisiológicos que ocurren en la planta sometida a estrés hídrico, se observó un aumento del ácido abscísico (ABA) producido en las raíces y transportado por la corriente de savia hasta las hojas. Esta es la primera señal que emite la planta para defenderse de la pérdida de agua cuando su nivel en el suelo se situó por debajo de un determinado umbral (Loveys et al. 2000).

Este tipo de riego induce la emisión de raíces secundaria y por consiguiente disminuye la sensibilidad de la raíz a la sequía (Zhang y Tardieu 1996). Un sistema radicular más uniformemente distribuido en el suelo como resultado de la alternancia seco y húmedo puede conllevar a un mejor uso de nutrientes y agua en toda la zona radicular (Kang et al. 2002).

Son dos fundamentos teóricos en los que se basa el SPZR: 1) normalmente las plantas con un buen régimen de riego mantienen sus estomas extensamente abiertos, en los que una pequeña reducción de su apertura puede reducir sustancialmente la pérdida de agua con un efecto mínimo en la fotosíntesis (Jones 1992) y 2) cuando una parte del sistema radicular es expuesto al suelo seco, la planta responde enviando señales desde la raíz hacia las hojas para cerrar los estomas y reducir la pérdida de agua (Davies y Zhang 1991). Kang y Zhang (2004), analizaron si estos mecanismos pueden ser utilizados para incrementar la eficiencia en el uso del agua (EUA), mencionan que típicamente la tasa de fotosíntesis de las plantas muestra saturación en respuesta a la apertura de los estomas, mientras que la tasa de transpiración muestra una respuesta más lineal; de acuerdo a esto, al reducir la elevada apertura estomacal, se espera que la pérdida de agua se reduzca sustancialmente con un pequeño efecto en la tasa de fotosíntesis, si se logra esto en la práctica, la EUA calculada en función al carbono ganado por unidad de agua perdida se incrementara a un mínimo costo de CO₂ tomado.

Según Davies et al. (2002), El objetivo de alternar el riego es promover señales químicas para la producción de ácido abscísico (ABA) que es una hormona reguladora de la conductancia estomática, dichas señales químicas provienen de las raíces del lado seco, con lo cual se reducen la conductancia estomática, la transpiración y el crecimiento de brotes, mientras se mantiene el suministro de agua al cultivo desde las raíces en la fracción del suelo húmedo, lo cual evita severos daños por déficit hídrico. Sin embargo, Schachtman y Goodger (2008), afirman que la presencia de señales químicas en la savia del xilema es aceptada, pero que la identidad de dichas señales es aun controversial, en otras palabras, cuando el SPZR se aplica a un cultivo, posiblemente el sistema radicular en el sector seco, envía señales hacia

otros órganos de la planta para la producción de ABA, pero aún no se sabe con certeza que dichas señales sean proporcionadas desde la raíz. Además mencionan que aún no se sabe con precisión donde se sintetiza el ABA.

Taiz and Zeiger (2002), menciona que la conductancia estomática de la planta está más relacionada con el estado hídrico del suelo, que con el estado hídrico de la hoja y la única parte de la planta que puede estar directamente afectada por el estado hídrico del suelo es el sistema radicular. Afirma, además, que con experiencias hechas en maíz, la deshidratación de solo una parte del sistema radicular puede causar el cierre estomático, así sea que la otra porción de raíz este bien regada. De ahí que el acepta la posibilidad de que las raíces sean las que envíen las señales químicas.

2.10. Riego Intermitente

Según Gurovich (2001), citado por Carbajal (2004), esta técnica puede ser definida como una aplicación superficial del agua en forma intermitente, ya sea por aplicación de agua a intervalos constantes de tiempo, o aplicando el agua en un surco de riego hasta que se cumpla el tiempo de avance, y después, repetidas veces hasta que se cumpla la lámina neta de reposición.



Figura 2.1. Aplicación del riego intermitente.

2.10.1. Antecedentes del riego intermitente.

El sistema de riego intermitente, es una técnica aplicada que fue desarrollada en los EEUU para el control del agua de riego. Su origen se debió a la necesidad del gobierno norteamericano de proveer a sus agricultores de un medio económico y eficaz que permita un ahorro del agua y su manejo en suelos salinos. Fue entonces, cuando las oficinas de los Distritos de Agua en conjunto con diversas universidades, perfeccionaron a principios de la década de los 80' esta metodología conocida en inglés como **Surge Flow**.

Stringham y Keller (1979), introdujeron el concepto de Surge Flow (riego intermitente) en la conferencia sobre especialidades en irrigación y drenaje de la American Society of Civil Engineers. En marzo de 1986, la oficina de patentes de los EEUU registro esta modalidad de riego como un método y sistema por surcos y otorgo la patente a los doctores Jack Keller y G. E. Stringham, en tanto que la Fundación de la Universidad del Estado de Utah quedo como cesionaria o apoderada. Desde entonces se han experimentado de manera continua en varios centros de universidades privadas y estatales de California y Texas, así como en las de Kansas, Utah y Colorado, entre otras.

El uso de la tecnología del riego Intermitente usando tuberías multicompuertas en el Perú es relativamente nuevo, se puede afirmar sin temor alguno, que se encuentra en su etapa inicial en cuanto al desarrollo comercial. La cantidad de experiencias sobre esta tecnología en el país, que llegan al papel para difundirse, es todavía escasa. No obstante, durante estos últimos años, se han visto publicaciones y artículos en revistas y medios especializados tratando el tema ya sea en forma directa, o como integrante de un tema más amplio.

2.10.2. Descripción General del Riego Intermitente

Roque (2000), citado por Carbajal (2004), menciona que el riego intermitente consiste en aplicar el agua a una cierta cantidad de surcos o melgas usando tuberías de PVC, aluminio o mangas de polietileno con aberturas o compuertas enfrentadas a los surcos; al cabo de cierto tiempo, el agua es derivada a otro set o conjunto de surcos, que se halla en otro sector del campo, mediante una válvula mariposa en forma de "T" que tiene la capacidad de derivar el agua en dos direcciones. Luego de haber avanzado el agua en el otro sector hasta la misma distancia del primer sector, la válvula deriva nuevamente el caudal hacia el primer conjunto de surcos. Este procedimiento se repite las veces que sea necesario, logrando que el agua avance en cada pulso una cierta distancia mediante tiempos variables o constantes.

El riego Intermitente, también llamado riego por pulsos, utiliza un efecto natural que tienen todos los suelos en mayor o menor medida. Y este es la disminución de la capacidad de infiltración que tiene un suelo, cuando una vez mojado, se retira el agua y se deja "descansar" por un corto tiempo.

En este efecto intervienen muchas causas de distinto origen, pero en resumen se logra que el agua escurra más rápido por una superficie mojada previamente, logrando así que los caudales que llegan al final de cada ciclo de avance sean sensiblemente mayores que si fuera flujo continuo. Hay dos etapas de aplicación en este sistema de riego:

Avance. En esta etapa el objetivo es el mojado rápido del surco. Esto se logra con pulsos de agua en el surco, que en forma gradual mojan el surco hasta el final.

Remojo. Cuando hemos mojado toda la superficie del surco, hemos logrado igualar la capacidad de infiltración a todo lo largo. Esta particularidad nos permitirá entrar a la etapa de Remojo y lograr una infiltración pareja hasta el final, pudiendo regular y minimizar la lámina de agua necesaria para el riego.

2.10.3. Descripción del proceso físico del Riego Intermitente

Según García (1991); citado por Carbajal (2004), durante el proceso de recesión, la estructura del suelo se altera, los terrones se disuelven parcialmente, las partículas se acomodan y forman una sedimentación que origina el aislamiento de la superficie. Aunque el flujo se suspenda en consecuencia la infiltración superficial también, las partículas de arcilla contenidas en el suelo humedecido continúan con un proceso de expansión tanto el agua como el suelo en contacto con la atmósfera captan aire por atracción capilar y bloquean las pequeñas superficies de los poros del suelo. El proceso se repite en cada ciclo durante el tiempo de desagüe y, por lo tanto durante los próximos suministros de agua se va reduciendo la infiltración y la resistencia a la rugosidad de la superficie del suelo, consiguiendo que el flujo circule con rapidez y se consiga un avance mayor y una mejor uniformidad en el riego.

2.10.4. Ventajas del riego intermitente

De acuerdo a Belaustegui y Mustieles (2014), el riego intermitente presenta varias ventajas:

- ♦ **Baja presión de trabajo.** Al ser un riego por gravedad permite trabajar en rangos realmente muy bajos, desde 0,05 kilogramos por centímetro cuadrado hasta valores

cercanos a 1 kilogramo por centímetro cuadrado. Esto mantiene un ahorro de energía significativo cuando se labora con bombeo, que puede llegar al 80%, comparado con la aspersión. Solamente se requiere una diferencia de altura de 1 a 2 metros entre el canal de riego y la parcela, por lo que en muchos de los casos no se necesitara bombeo, solamente dispositivos sencillos y económicos para controlar y mantener la presión.

- ◆ **Ahorro de agua.** Al evitar la percolación profunda y el desagüe al final del lote se pueden lograr eficacias superiores al 80% en la aplicación del agua. El efecto “pulso” permite administrar el agua desde la cabecera, con lo que se logra un desarrollo de la capa humedad del subsuelo extremadamente pareja entre la cabecera y el pie de surco.
- ◆ **Bajo costo de inversión inicial.** El equipo, por su sencillez no requiere fuertes gastos. Se compone básicamente por cabezal (cuyo componente principal es la válvula pulsadora), las alas de tubería con compuertas y la conducción (que va desde la fuente de abastecimiento hasta el cabezal).
- ◆ **Surcos más largos.** Dependiendo de las condiciones del terreno, los surcos podrán ser de una longitud mayor a la de los utilizados en riego tradicional; común es trabajar con valores de 600 a 800 metros, aunque en algunos países, como Argentina, existen casos en los que los surcos miden más de mil metros.
- ◆ **Mayor rango de pendiente.** El riego por caudal discontinuo permite ampliar el rango de pendientes del terreno, con que bajan los costos por nivelación. Se puede trabajar desde 0.1 % hasta 1.5 % (de 10 centímetros cada 100 metros o 150 centímetros por cada 100 metros).
- ◆ **Bajo costo de mantenimiento.** Debido a que esta técnica no posee partes complejas ni sometidas a presión, los costos de mantenimiento son prácticamente nulos.
- ◆ **Fertirriego.** La posibilidad de incluir el fertirriego automatizado sin el riesgo de perder fertilizantes por percolación profunda o por desagüe y realizar la operación en forma sencilla es una ventaja más de esta técnica.
- ◆ **Baja incidencia en mano de obra.** Por ser sistemas sencillos y automáticos, se estima que con esta técnica una persona puede regar 120 hectáreas.

2.10.5. Comparación entre el Riego Intermitente y el Riego Continuo

Para comprender la técnica de riego intermitente, haremos una comparación con el riego continuo. Cuando se suministra agua al surco de forma continua el avance se produce lentamente, con lo cual la oportunidad de infiltración es grande en los primeros tramos,

reduciéndose progresivamente a lo largo del recorrido. Al suministrar la cantidad de agua precisa a los tramos finales, se producen pérdidas por percolación a lo largo del surco (mucho mayores en cabecera) y por escorrentía en el extremo de cola.

En el caso de que el surco reciba agua de forma intermitente, cuando cesa el flujo de agua las partículas de arcilla continúan un proceso de expansión, con lo cual disminuye el tamaño de los poros y se reduce la cantidad de agua infiltrada. Como consecuencia de ello, en los siguientes suministros el agua circula con mayor rapidez, consiguiéndose una mayor uniformidad en el tiempo de contacto del agua circulante con la superficie del suelo y, en suma, una mayor uniformidad de riego.

2.10.6. Adaptación del riego intermitente a los campos y cultivos

Este sistema de riego se puede usar en cualquier sistema de labranza, convencional, reducida y cero. Se puede utilizar en cualquier cultivo que pueda regarse por gravedad y sembrado en hileras, sean cereales, oleaginosas, hortalizas, frutícolas, industriales y forestales.

Asimismo funciona con agua de acequias, que normalmente transportan en suspensión materia orgánica, arcillas, limos y arenas. Se puede emplear en cualquier tipo de suelo, salvo en suelos de textura gruesa, con velocidad de infiltración muy rápida.

El largo de los surcos depende del tipo de suelo y la pendiente del terreno. En general se recomienda su aplicación en terrenos con pendientes de 0.1% a 2%.

2.11. Pérdidas por riego de gravedad.

De acuerdo con Rendón (1993), los rendimientos promedio por hectáreas son bajos con respecto a los que se pueden obtener potencialmente con riego por aspersión; debido a que la eficiencia del uso del agua a nivel parcelario es muy baja; presentándose pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial. Los bajos rendimientos, se deben entre otras razones, a que el riego no se aplica oportunamente a los cultivos; en cambio las pérdidas de agua a nivel parcelario, son producto de un mal diseño de riego por gravedad.

En el riego por gravedad ocurren tres tipos de pérdidas:

- ◆ Por infiltración en canales y regaderas,
- ◆ Por percolación,
- ◆ Por escurrimiento superficial.

Las pérdidas por infiltración en canales y regaderas durante la conducción del agua ocurren por la falta de revestimiento de los canales, lo que ocasiona pérdidas del 40% aproximadamente, que significa tener menor volumen de agua disponible en la parcela. Lo anterior ocasiona mayor tiempo de operación de los equipos para aplicar la lámina de riego necesaria, que consecuentemente se traduce en falta de oportunidad de la aplicación del riego. Para reducir este tipo de pérdidas es recomendable mantener las regaderas libres de hierbas, revistiéndolas o conduciendo el agua por tubería.

Las pérdidas por percolación y escurrimiento ocurren porque generalmente se carece de un diseño del riego y los terrenos están desnivelados. Este tipo de pérdidas se pueden disminuir haciendo un buen diseño del riego. Otras alternativas son el cambio del sistema de riego, el uso del agua de escurrimiento, el manejo de áreas compactas, el empleo de prácticas culturales para reducir la percolación, como la compactación de surcos, la labranza mínima, el uso de residuos, el manejo de cultivos alternativos y la predicción del momento de aplicación del riego, entre otras (Vuelvas 2014).

2.12. Evapotranspiración.

Es el proceso de flujo de agua hacia la atmósfera proveniente de la evaporación del agua del suelo y de la transpiración de las plantas. Es complejo y depende no solo de los elementos físicos (climáticos) que afectan la evaporación, sino también de las características morfológicas y fisiológicas de la cobertura vegetal, del suelo y de su nivel de humedad. La evapotranspiración es un proceso combinado de evaporación y transpiración. En el periodo vegetativo de un cultivo, hay etapas críticas durante las cuales las plantas son exigentes en agua o por el contrario según la fisiología de cada cultivo, requieren de un stress o por el contrario, según la fisiología de cada cultivo, requieren de un stress o déficit de agua para lograr el óptimo rendimiento y calidad de los productos en la cosecha (Vásquez et al. 2017).

2.12.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Los únicos factores que afectan ET_o son los

parámetros climáticos. Por lo tanto, ETo es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ETo expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el método de determinación de ETo con parámetros climáticos. También se puede hacer la determinación de la ETo a partir de la evaporación del tanque Clase A.

A. Método para estimar la evapotranspiración de referencia (ETo)

Método del tanque de evaporación clase “A”

Este método consiste en encontrar una relación entre la tasa de evapotranspiración producida en un lisímetro y la tasa de evaporación producida en un tanque de evaporación clase “A”, que mide 1.20 m de diámetro, 0.25 m de profundidad, y se instala a 0.15 m por sobre el nivel de terreno.

Generalmente, es mayor la evaporación directa de una superficie de agua que la de un cultivo, por muy húmedo que se encuentre el suelo. Es decir la evapotranspiración de un cultivo de referencia como el de la alfalfa o el pasto es una fracción de la evaporación observada en el tanque clase “A”; a esta fracción o factor se le denomina “coeficiente de tanque” (Ft), según la FAO (1996), la evapotranspiración potencia (ETo) se estima de la siguiente manera:

$$\mathbf{ETP = F_t * E_o}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial, (mm/día),

Eo = Evaporación libre de tanque clase “A”, (mm/día), y

Ft = Coeficiente empírico, valido para las condiciones ambientales del tanque.

La evaporación (Eo) se lee directamente del tanque. El coeficiente (Ft) se obtiene del Cuadro 2.3. Este método es altamente eficiente y preciso siempre que se cumpla con todas las condiciones que se requiere para su instalación y uso. (Vásquez et al. 2017)

Cuadro 2.3. Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque Clase A

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo			
	HR media	baja < 40	media 40-70	alta > 70	baja < 40	media 40-70	
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del barbecho a barlovento (m)		
Baja	1	,55	,65	,75	1	,7	,8
< 2	10	,65	,75	,85	10	,6	,7
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65
	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6
Moderada	1	,5	,6	,65	1	,65	,75
2-5	10	,6	,7	,75	10	,55	,65
	100	,65	,75	,8	100	,5	,6
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55
Alta	1	,45	,5	,6	1	,6	,65
5-8	10	,55	,6	,65	10	,5	,55
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45
Muy alta	1	,4	,45	,5	1	,5	,6
> 8	10	,45	,55	,6	10	,45	,5
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45

Fuente: Serie FAO (2006).

2.12.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo. A pesar de que los valores de la evapotranspiración del cultivo y de las necesidades de agua del cultivo son idénticos, sus definiciones conceptuales son diferentes. Las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración. La necesidad de riego básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

La relación ET_c/ET_o que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo (K_c), y se utiliza para relacionar ET_c a ET_o de manera que:

$$ET_c = K_c \times ET_o.$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

K_c = Coeficiente de cultivo.

ET_o = Evapotranspiración potencial de cultivo (mm/día)

2.13. Coeficiente del cultivo (K_c)

Es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se quiere evaluar su consumo

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

Durante el período de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo. Esta variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan solamente tres valores de K_c : los correspondientes a la etapa inicial (K_c ini), la etapa de mediados de temporada (K_c med) y la etapa final (K_c fin) (Vásquez y Chang 1992).

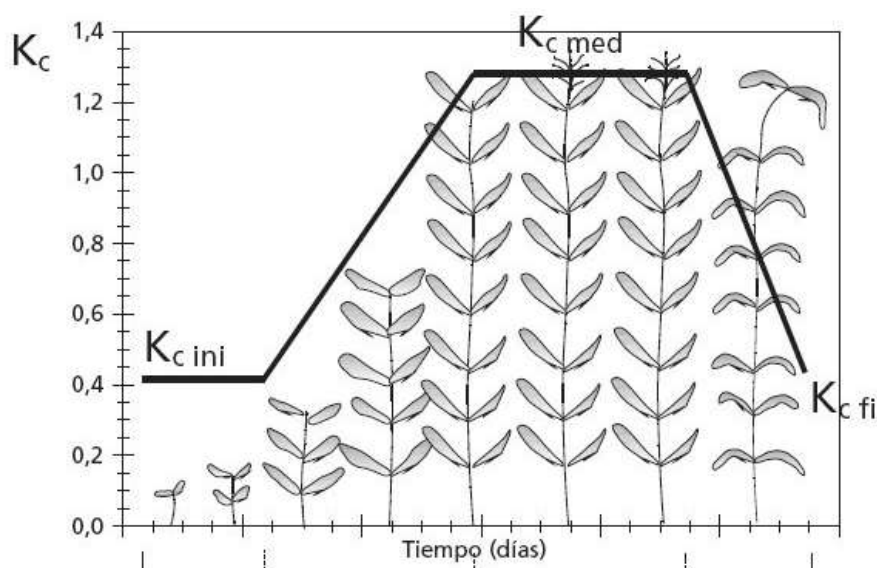


Figura 2.2. Curva generalizada del coeficiente del cultivo (K_c)

Fuente: Serie FAO (2006).

2.14. Precipitación efectiva (Pe)

Durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio “suelo”, la precipitación pluvial constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total del contenido de agua en el suelo); pero parte de la lluvia de la que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de esta; la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación. En este sentido, al volumen de agua de lluvia parcial utilizado por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas para su normal desarrollo se le ha definido como precipitación efectiva (Vásquez et al. 2017).

2.15. Necesidades netas de riego

Las necesidades netas de riego (Nn) vienen definidas por las siguientes variables:

- ◆ La necesidades de agua del cultivo (ET_c)
- ◆ Aportaciones de la precipitación efectiva (Pe)
- ◆ Aporte capilar desde una capa freática próxima a las raíces
- ◆ Variación en el almacenamiento de agua en el suelo

$$\mathbf{Nn = ET_c - Pe - Aporte\ capilar - Variacion\ de\ almacenamiento}$$

Del total de agua de precipitación que cae sobre la superficie de un terreno, una parte se infiltra y se incorpora a la zona radicular, otra parte percola en profundidad fuera del alcance de las raíces, otra parte se pierde por escorrentía superficial y otra parte queda interceptada por la vegetación, desde donde se evapora posteriormente. Se llama precipitación efectiva a la proporción de agua retenida en la capa radical con relación a la cantidad de lluvia caída. Su magnitud depende:

- ◆ De las características del terreno: condiciones físicas, grado de humedad, pendiente, cobertura del cultivo, etc.
- ◆ De las características de la precipitación: altura de agua caída, intensidad, duración y frecuencia.

Salvo en casos muy particulares no se tiene en cuenta el aporte capilar desde la capa freática ni la variación en el almacenamiento de agua en el suelo. En riego localizado tampoco se considera la lluvia efectiva.

2.16. Eficiencia de aplicación

Se define como eficiencia de aplicación del agua en sistema de riego a la proporción entre la cantidad de agua almacenada en la zona del sistema radicular (disponible para la planta) y la cantidad de agua aplicada por el sistema de riego.

$$E_a = \frac{N_n}{N_t}$$

Donde:

E_a : Eficiencia de aplicación

N_n : Necesidades netas

N_t : Necesidades totales o volumen de agua aplicada

2.17. Hidráulica de riego por surcos

Hidráulicamente, el proceso de riego por surcos se caracteriza por ocurrir en un canal abierto, por tanto, a presión atmosférica, sobre un medio poroso (suelo) en la cual la tasa de infiltración es variable con el tiempo (Scaloppi y Edmar 2003).

Hidráulicamente, los surcos funcionan de la misma manera que los canales, la diferencia fundamental radica en que mientras en éstos se intenta conducir el máximo caudal posible a distancias considerables con la mínima pérdida por infiltración, en los surcos, precisamente lo que se intenta es hacer que en cortos recorridos se infiltre el agua que se conduce.

El escurrimiento de un líquido con superficie libre a presión atmosférica sobre un medio poroso es un proceso dinámico y de relativa complejidad. Ese proceso ocurre en sistemas de riego por superficie, en la conducción de agua, a nivel de parcela, hasta el punto de aplicación. Al contrario de lo que ocurre en sistemas cerrados, en el que las condiciones de contorno de la sección de escurrimiento son fácilmente determinadas y previstas, el escurrimiento de agua sobre una superficie de suelo presenta algunas particularidades que lo tornan un proceso difícil de ser descrito matemáticamente (Vilas y Marcio 2002).

Complicaciones adicionales son atribuidas a las variaciones espaciales en la geometría de la sección de escurrimiento, rugosidad hidráulica y la pendiente de la superficie. Esas características definen un régimen no permanente y variado, generalmente considerado

como gradualmente variado, donde la altura del agua sobre la superficie de escurrimiento es variable con el tiempo y con la distancia (Scaloppi y Edmar 2003).

Cuadro 2.4. Valores de la rugosidad de Manning (n) para surcos según NRC.

VALORES SUGERIDOS POR NRCS	n
Suelo desnudo	0.04
Suelo con vegetación pequeña	0.10
Suelo con alfalfa, menta o vegetación pequeña	0.15
Suelos con alfalfa, densos y largos	0.20
Suelos con cultivos densos y vegetación pequeña	0.25

Fuente: Bautista et al. (2012)

En los sistemas de riego por superficie, el agua es aplicada a la extremidad inicial de la parcela, iniciando un proceso de escurrimiento superficial determinado por la acción de la gravedad terrestre. Una reducida pendiente de la superficie, es en general, el principal componente de la gradiente de la línea energética, responsable de la tasa y velocidad de escurrimiento. De esa manera, el frente líquido progresivamente avanza en dirección de la extremidad final de la parcela. Con un aumento de la distancia de avance en relación al inicio de la parcela, junto al punto de derivación del agua, el área de infiltración, determinada por la integración del perímetro mojado de la sección transversal de escurrimiento superficial en la distancia de avance considerada, también va progresivamente aumentando, a una proporción que la reducción media de la tasa de infiltración de agua en el suelo. En consecuencia, la tasa de avance sufre una continua reducción con el tiempo, hasta ser interrumpida (Scaloppi y Edmar 2003).

El perfil longitudinal del agua infiltrada es des-uniforme durante el avance. Esa des uniformidad será máxima en el momento en el que el frente de avance llega al final de la parcela. Generalmente, dependiendo del tiempo permitido para la fase de avance, la cantidad de agua infiltrada al inicio de la parcela puede ser limitada o excesiva, y nula al final de la misma (Scaloppi y Edmar 2003)

2.18. Proceso del riego por surcos

Un evento completo de riego por superficie puede ser dividido en cuatro fases distintas: avance, reposición o almacenamiento, vaciado y receso. La fase de avance inicia en el momento de la aplicación de agua en el área irrigada y termina cuando el frente líquido llega al final de la parcela. La fase de reposición, también conocida como fase de almacenamiento, comienza cuando el frente de avance llega al final de la parcela y termina cuando el caudal es interrumpido. En ese instante inicia la fase de vaciado. Con una duración relativamente corta, esta fase termina cuando fue expuesto cualquier punto de la base de la sección de escurrimiento a lo largo del área. La fase de receso comienza cuando la profundidad de agua sobre cualquier punto de la superficie fue reducida a cero, y termina cuando no hay más agua sobre la superficie del suelo (Vilas y Marcio 2002).

Un proceso típico de riego por superficie, con drenaje libre al final de las parcelas, ocurre en cuatro fases: avance, reposición, depleción o vaciado y receso (Scaloppi y Edmar 2003).

Scaloppi y Edmar (2003), señala las siguientes fases del riego por surcos:

Fase de avance: El inicio de la fase de avance coincide con el inicio del proceso de riego, cuando el caudal aplicado a la parcela, determina el avance de agua en la superficie de escurrimiento.

Fase de reposición o almacenamiento: Cuando el agua llega al final de la parcela, termina la fase de avance e inicia la fase de reposición, pudiendo ocurrir escorrentía. Esta fase se debe prolongar hasta que la cantidad de agua infiltrada, en la mayor parte de la longitud, se aproxima a la requerida.

Fase de vaciado: La interrupción del abastecimiento de agua encierra la fase de almacenamiento, y determina el inicio de la fase de vaciado. Está en general es la fase de menor duración, terminando en el momento en que el agua superficial al inicio de la parcela, es removida por el escurrimiento superficial e infiltración.

Fase de recesión: La fase de vaciado, determina el inicio de la fase de recesión, cuya duración está condicionada al deslizamiento progresivo de una o más frentes recesivas en la superficie. En el momento en que toda el agua superficial es removida de la sección de escurrimiento, termina la fase de recesión, y el propio proceso de riego.

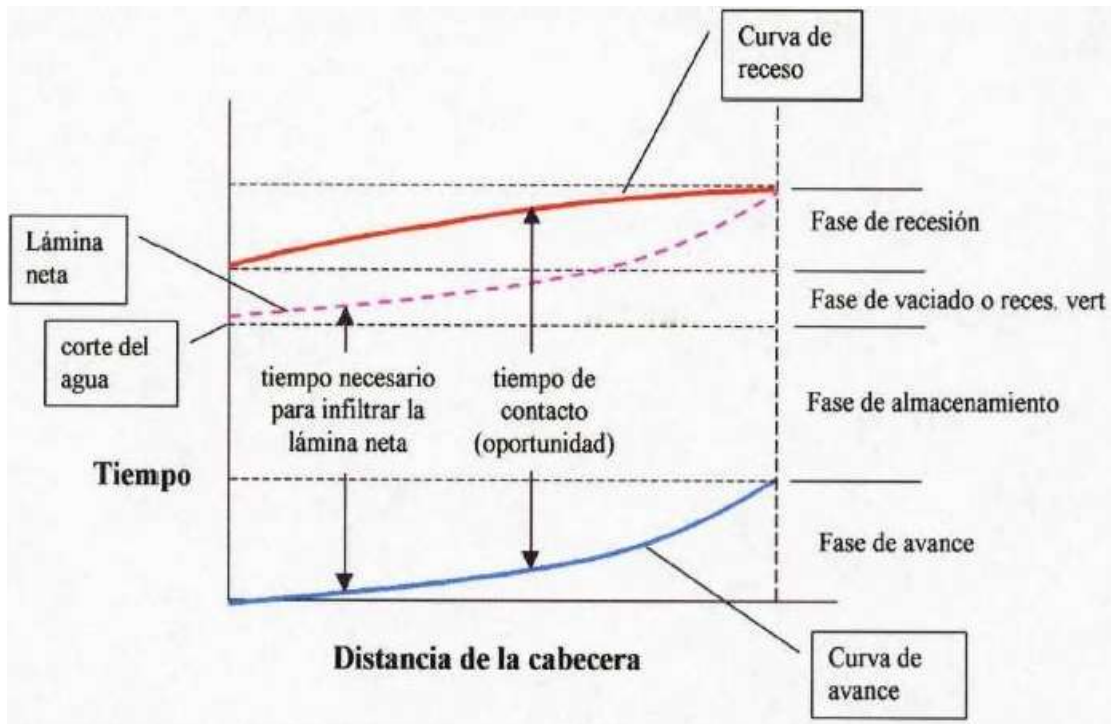


Figura 2.3. Fases de avance.

Fuente: Santos et al. (2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se desarrolló dentro de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicada en el distrito de la Molina, provincia de Lima y departamento de Lima, la ubicación geográfica es la siguiente: Latitud Sur 12°05'54" y Longitud Oeste 77°00' a 238 msnm.

La parcela experimental se instaló en área neta de 1080 m² de cultivo de papa variedad UNICA, lo cual cada técnica de riego tuvo 6 bloques de 6 m x 10 m, como se muestra en la siguiente figura 3.1.

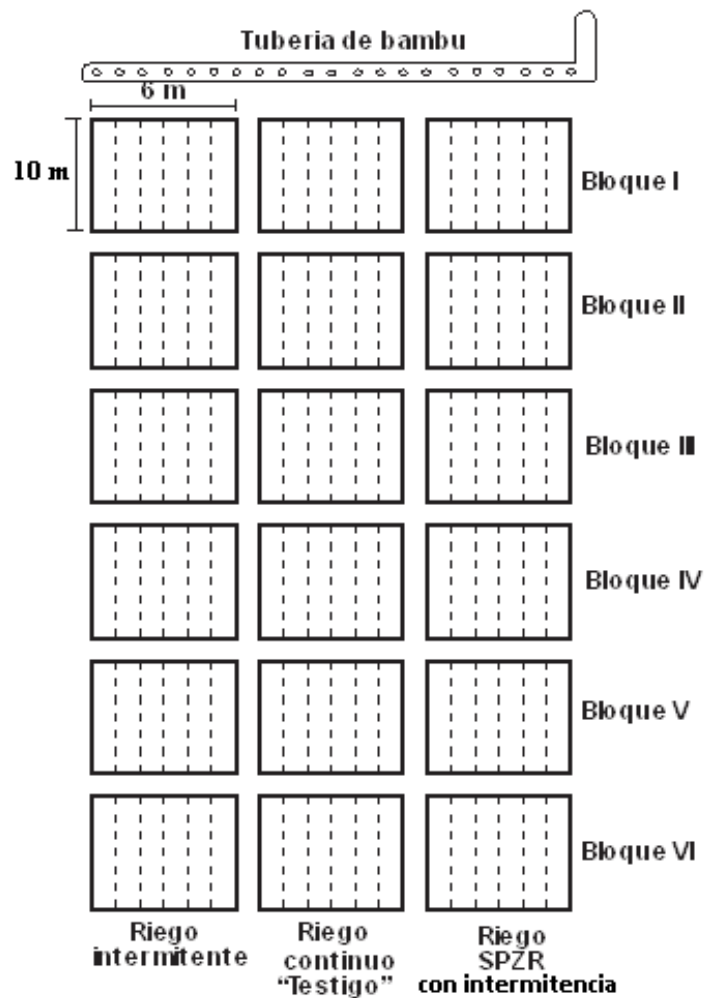


Figura 3.1. Croquis de distribución del campo experimental.

El espaciamiento entre surco y surco para todos los bloques fue de 1 metro y el espaciamiento entre planta se efectuara a 0.40 metros, en consecuencia cada bloque tubo 150 plántulas de papa.

3.1.1. Características del suelo

Los suelos de La molina se encuentran fisiográficamente situados en una terraza media de origen aluvial. Se caracterizan por presentar buen drenaje, permeabilidad moderada, textura media a moderadamente gruesa, estructura granular fina y consistencia en húmedo que va desde friable a muy friable.

Para la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo aleatorio. El análisis de muestra se realizó en el laboratorio de análisis de suelos y plantas de la UNALM, presentando los resultados en el siguiente cuadro. Los resultados del análisis indican que el suelo presenta una textura FRANCO ARENOSO, lo cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y buena aireación. Presenta una reacción ligeramente básica, con un contenido medio de calcáreo. De acuerdo a la conductividad eléctrica clasificamos este suelo como moderadamente salino. El porcentaje de materia orgánica es bajo, por tanto, la cantidad de nitrógeno en el suelo también será limitada. Así mismo para el fósforo y potasio el suelo presenta valores medios.

La CIC muestra una fertilidad potencial baja del suelo. Respecto a los cationes cambiabiles, el calcio y el magnesio predominan saturando el complejo de cambio. Esta característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg de 3 (baja), Ca/K de 7.08 (baja) y Mg/K de 2.35 (optima)

Cuadro 3.1. Análisis mecánico del suelo.

Análisis mecánico		
Arena %	Limo %	Arcilla %
55.64	33.00	11.16

FUENTE: Laboratorio de Riegos, UNALM 2017.

3.1.2. Características del agua para el riego.

El Abastecimiento del agua se daba por medio de un reservorio ubicado dentro de la UNALM, esta dotación se dio por medio de una bomba de 5hp que impulsaba el agua mediante una línea de tubería de 365 metros, después de esta línea el sistema se conectó a una tubería de bambú. En un tramo de 20 metros que funcionaba únicamente como línea

de conducción, posterior a la línea de conducción de bambú a través de un codo de 90° se originaba la línea de riego con multicompuertas plásticas instaladas a 1 metro de distancia entre ellas. Para la evaluación del agua de riego se tomó una muestra de agua del reservorio, la cual fue analizada en el laboratorio de Agua, Suelo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, los resultados demuestran que su calidad es apta para riego de vegetales. Siendo así, los resultados de la conductividad eléctrica (CE) de 1.05 dS/m, es menor a 2 dS/m (ECA), por lo que según los ECA no se presenta riegos de salinidad.

Cuadro 3.2. Clasificación de salinidad del agua para riego.

Referencia	Clasificación
FAO (Ayers y Westiot. 1976)	C1 – Salinidad sin problemas
Comité de consultores Univ. California	C1 – Riesgo salinidad baja
US Salinity Laboratory (Richards – 1954)	C2 – Salinidad media

FUENTE: Laboratorio de Riegos, UNALM 2013.

3.2. TRATAMIENTOS

En el Cuadro 3.3. Se presenta la distribución de los tratamientos que se emplearon, las cuales son: 1 tratamiento de riego continuo, 1 tratamiento de riego intermitente y 1 tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente. Los 3 tratamientos estuvieron conformados por 6 surcos cada tipo de riego, el cual formaban 6 bloques de riego, cada bloque de riego tuvo un área de 6 m (ancho) por 10 m (largo), tal como se muestra en la Figura 3.1

Para la aplicación del RPZR se estableció un esquema de riego en surcos alternos (Loveys et al. 2001 y Bacon, 2003). En un primer riego se aplicó el agua en un surco mas no en el adyacente y en el siguiente se invirtió el procedimiento aplicándose el agua en el surco que no se aplicó en el primero riego (Figura 3.2.)

El objetivo fue lograr una alternancia de la zona húmeda y seca en dos diferentes partes del sistema radicular. Esta alternancia se repitió periódicamente desde el inicio de la fase de tuberización (2 meses después de la siembra), hasta el final de la campaña.

El riego intermitente, también llamado riego por pulsos, consiste en aplicar agua a los surcos en intervalos de tiempo cortos pero frecuentes, en un mismo periodo de riego.



Figura 3.2. Riego Parcial de la Zona de Raíces (RPZR)

En el tratamiento de riego continuo se mantuvo un régimen hídrico adecuado de acuerdo a las necesidades del cultivo tal como se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3. Riego continuo.

Cuadro 3.3. Relación de tratamientos.

Tratamientos	Descripción
RPZR	Riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente usando el 100% de la lámina de riego.
RI	Riego intermitente o pulsos usando el 100% de la lámina de riego
RC	Riego continuo usando el 100% de la lámina de riego

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

La naturaleza de la parcela donde se efectuó el presente trabajo, presento diferencias de pendiente a lo largo de la parcela y así como también las propiedades nutritivas del suelo son diferentes en cada punto, por ello se empleó un diseño de Bloques Completamente al Azar con 3 tratamientos (tipos de riego): riego continuo, riego intermitente y riego parcial de la zona de raíces con intermitencia, con 6 bloques por tipo de riego, lo cual fue aplicado en el presente experimento, de acuerdo al modelo aditivo lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}; \quad i= 1,2,3 \quad j= 1,2,3,4,5,6$$

Dónde:

Y_{ij}: Comportamiento observado en la unidad experimental (parcela) de papa.

μ: Media general.

α_i : Efecto de la i-ésima tipo de riego

β_j : Efecto del j-ésima bloque.

ϵ_{ij} : Efecto del error experimental, asociado a la observación Y_{ij} .

La distribución de grados de libertad para el análisis estadístico, de acuerdo a las fuentes de variación se presenta en la siguiente tabla:

Cuadro 3.4. Distribución de grados de libertad por fuente de variación:

Fuente de variación	Grados de libertad (G.L)	
Bloques (R)	R-1	5
Tratamientos (T)	T-1	2
Error experimental	(R-1)(T-1)	10
Total	TR-1	17

3.3.1. Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos de la evaluación de variables en los diferentes tratamientos fueron sometidos al análisis de variancia (ANVA). Los promedios fueron comparados mediante la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significación de 0.05. El análisis estadístico fue realizado empleando el software SAS 9.1

3.4. EQUIPOS Y MATERIALES USADOS

3.4.1. Equipos

Sistema de riego

- ◆ Cabezal del sistema de riego

Instrumentos para la preparación del terreno

- ◆ Lampa
- ◆ Arado
- ◆ Gradadas
- ◆ Wincha
- ◆ Pala
- ◆ Tractor agrícola
- ◆ Pico
- ◆ Clavos
- ◆ Martillo

Equipos para evaluación

- ◆ Balde de 5 litros
- ◆ Cronometro
- ◆ Barreno
- ◆ Aforador de surcos tipo Ballofet

Materiales y equipos varios

- ◆ Libreta de campo
- ◆ Lápiz
- ◆ Bolsas de papel
- ◆ Recipientes para secado de muestras
- ◆ Mochila fumigadora de 20 litros.

Fertilizantes y otros

- ◆ Molimax Superdoce NPK 12 -24 – 12 + 3 MgO + 8S (CP)
- ◆ Molimax Nitros NPK 33 – 0 – 0 + 11S
- ◆ Molinos & Cía. S.A. Sulfato de Potasio, K₂O 50% - S 18%

Insecticidas

- ◆ Rezio 75 WP
- ◆ Tajante 50 CE

Equipos para procesamiento de datos.

- ◆ Laptop Intel Core i5
- ◆ Windows 8
- ◆ Office 2013
- ◆ Cropwat 8.0 y Climwat 2.0
- ◆ AutoCAD Civil3D 2016
- ◆ Software de análisis estadístico SAS

3.5. ÁREA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

El área de la parcela experimental presento las siguientes características

- ◆ Ancho bloque : 6.0 m
- ◆ Longitud bloque : 10.0 m
- ◆ Área de bloque (tipo de riego) : 360 m²
- ◆ Longitud calle entre bloque : 1.0 m

- ◆ Ancho de calle por bloque : 6.0 m
- ◆ Área de calle por bloque : 6.0 m²
- ◆ Numero de calles por tipo de riego : 6
- ◆ Numero de surcos por bloque : 6
- ◆ Numero de bloques (repeticiones) : 6
- ◆ Numero de tipos de riego : 3
- ◆ Área neta total : 1080 m²

3.6. DISEÑO AGRONÓMICO

a) Cálculo y medición del caudal máximo no erosivo

Se determinó teóricamente el caudal máximo no erosivo utilizando la relación matemática siguiente:

$$Q_{m.n.e} = \frac{C}{S^a}$$

Donde:

$Q_{m.n.e}$: Caudal máximo no erosivo de surcos (l/s)

C : Constante (ver cuadro 3.5)

S : Pendiente del terreno (%)

a : Constante (ver cuadro 3.5)

Cuadro 3.5. Valores de constantes según la textura del suelo

Tipo de suelo	C	a
Muy fina	0.892	0.937
Fina	0.998	0.55
Media	0.613	0.733
Gruesa	0.644	0.704
Muy gruesa	0.665	0.548

Fuente: Olarte, W. 1987. Manual de riego por gravedad.

Luego de realizados los cálculos se eligen dos o más caudales superior e inferior al caudal máximo no erosivo teórico. Luego, seleccionamos igual número de surcos en el campo, con pendiente, forma y longitud similares y se le asigna a cada uno de ellos un caudal específico de acuerdo a la elección hecha en el paso anterior. Los valores de caudales de ingreso a cada surco se obtendrán mediante

la regulación de las aberturas de las ventanas en las tuberías y comprobando los valores mediante un aforo por el método volumétrico.

Culminada la prueba, se efectúa un recorrido del campo para observar los niveles de erosión que se han producido en cada uno de los surcos así como la uniformidad de humedecimiento. El caudal que ha generado la menor erosión será el Caudal Máximo no Erosivo Real.

b) Calculo de la lámina neta

Para el cálculo de la lámina neta es necesario conocer los parámetros de: Capacidad de campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP), la densidad aparente del suelo (Da), también es necesario conocer el Umbral de riego (Ur), que fue considerado en 50%. Por último, establecer la profundidad efectiva de raíces, para esto se tomó en cuenta la etapa de crecimiento del cultivo.

$$Ln = \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) * Da * Z * Ur$$

Donde:

Ln	: Lamina neta (mm)
CC	: Capacidad de Campo (% en masa)
PMP	: Punto de Marchitez Permanente (% en masa)
Da	: Densidad aparente (gr/cm ³)
Z	: Profundidad radicular (cm)
Ur	: Umbral de riego o fracción de agotamiento permisible.

c) Numero de riegos por mes

El número de riegos por mes de la etapa experimental, se obtuvo de la simple contabilización del número de riegos efectuados por mes detallada en la planilla de manejo de riego (Anexo 2)

d) Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo – Necesidad neta

Con la información meteorológica disponible se procedió al cálculo de la evapotranspiración diaria de referencia (ET_o) durante todo su ciclo vegetativo mediante el método del Tanque Evaporímetro. Una vez determinado la ET_o se procedió a calcular la evapotranspiración diaria del cultivo (ET_c) multiplicando la ET_o por el coeficiente del cultivo (K_c) determinando así la necesidad neta del cultivo (N_n) en cada riego. Para lo cual se empleó la siguiente ecuación

$$ET_o = K_p E_{tan}$$

$$ET_c = K_c E_o$$

$$N_n = 10(ET_c)$$

Donde:

- ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm)
- K_p : Coeficiente del tanque evaporímetro
- E_{tan} : Evapotranspiración del tanque evaporímetro (mm)
- ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm)
- K_c : Coeficiente del cultivo
- N_n : Necesidad neta del cultivo (m³/ha)

3.7. EVALUACIÓN DE RIEGOS

a) Pruebas de Avance

Para la determinación de las curvas de avance se realizaron pruebas de campo al momento de efectuar el riego de cada tratamiento. La prueba de campo consiste en medir el tiempo transcurrido hasta que el frente de agua alcance las estacas que fueron colocadas cada 10 metros (descontando calles). Los caudales fueron controladas constantes por medio de abertura de ventanas o compuertas, conservando un caudal uniforme para los 3 tratamientos de riego.

b) Control de humedad del suelo

Utilizando un barreno se realizaron muestreos de suelos antes y después del riego a profundidades de 10 cm, 20 cm y 40 cm de profundidad, para determinar el contenido de humedad del suelo

c) Determinación del contenido de humedad

Mediante el método gravimétrico. Las muestras tomadas en campo antes y después del riego fueron pesadas y luego secadas en la estufa a una temperatura de 105 °C, durante 24 horas.

3.8. MANEJO AGRONÓMICO DEL CAMPO EXPERIMENTAL

La preparación del terreno fue efectuada con un tractor agrícola hasta una profundidad de 50 cm, dejándose el terreno listo para la siembra.

La siembra se realizó el 24 de junio del 2017. Lo cual fue sembrada en 1.0 m entre surcos y 0.4 m entre golpes. La densidad de siembra estimada es de 25 000 plantas/ha.

Las fechas y las principales labores realizadas durante la campaña de papa en el presente trabajo fueron:

- ◆ 24-06-2017: Siembra y primera fertilización
- ◆ 25-08-2017: Inicio de aplicación del riego deficitario (Riego parcial de la zona de raíces con intermitencia y riego intermitente)
- ◆ 27-07-2017: Aporque y segunda fertilización
- ◆ 04-11-2017: Cosecha y evaluación de cosecha



Figura 3.4. Aporque y fertilización del cultivo de papa var. UNICA, 27-07-17.



Figura 3.5. Aplicación del insecticida REZIO 75 WP, del cultivo papa var. UNICA.

3.9. PARÁMETROS EVALUADOS

3.9.1. Características biométricas

Estas evaluaciones se realizaron en todos los bloques del presente trabajo de tesis, las cuales se escogieron al azar 30 plantas por bloque, haciendo en total de 180 plantas/tipo de riego, evaluadas, los parámetros evaluados fueron:

- a. **Numero de tallos por planta:** Del total de las plantas seleccionadas para su respectiva evaluación se contaron los tallos activos y frescos de la papa y luego se procedió a registrar dicha información.
- b. **Numero de tubérculos por planta:** Se contaron los números de tubérculos de papa producidos de las plantas seleccionadas.

3.9.2. Componentes de rendimiento:

La cosecha se realizó el 04 de noviembre del 2017, a los 134 días después de la siembra.

- a. **Rendimiento total:** Todos los tubérculos cosechados dentro del área de muestreo fueron pesados.
- b. **Rendimiento comercial:** todos los tubérculos comerciales fueron clasificados de acuerdo a los calibres (Extra, primera y segunda) y clasificados de acuerdo a sus categorías.
- c. **Rendimiento no comercial:** todos los tubérculos fueron clasificados de acuerdo a los calibres (tercera y descarte) y clasificados de acuerdo a sus categorías.

Para la determinación del calibre de los tubérculos cosechados se empleó la siguiente tabla de clasificación siguiente:

Cuadro 3.7. Descripción de calibres o diámetros de tubérculos de papa.

Categoría	Diámetro longitudinal (cm)
Extra	>9.0
Primera	7.5 – 9.0
Segunda	6.0 -7.5
Tercera	4.5 – 6.0
“chancho” o “descarte”	< 4.5

Fuente: Sifuentes (2012)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Calculo de fertilización NPK

En el presente trabajo, se realizó la fertilización del cultivo de papa, en las etapas de la siembra y en el aporque, se usaron los productos Molimax nitros NPK (33-0-0), Molimax superdoce NPK (12-24-12) y Molimax sulfato de potasio K_2O 50%, lo cual basándose en la recomendación del laboratorio. La fórmula empleada fue de 160-160-120 de NPK. Es decir 160 kg de N_2 , 160 kg de P_2O_5 Y 120 kg de K_2O , la aplicación del componente de nitrógeno se efectuó en la siembra el 50 % y en el aporque el 50 % restante.

$$\text{Factor Area (FA)} = \frac{1080 \text{ m}^2}{10000}$$

$$\text{Factor Area (FA)} = 0.1080 \text{ m}^2$$

a) Calculo de fosfato (P_2O_5), con el uso de Molimax superdoce

$$P_2O_5 = (160)(0.1080)$$

$$P_2O_5 = 17.28 \text{ kg}$$

Como usaremos el Molimax superdoce que tiene 12% de nitrógeno, 24% de fosforo y 12% de potasio, se calcula que la cantidad de dicho producto a aplicar es:

$$\begin{array}{r} 50 \text{ kg Molimax superdoce} \text{-----} 12 \text{ kg } P_2O_5 \\ X \text{-----} 17.28 \text{ kg } P_2O_5 \\ X = 72 \text{ Kg Molimax superdoce} \end{array}$$

Cuando incorporemos el producto Molimax superdoce estamos incorporando también 12% N y 12% de K, entonces se tiene:

$$72 \text{ Kg Molimax superdoce} \times 12 \% N_2 = 8.64 \text{ kg } N_2$$

$$72 \text{ Kg Molimax superdoce} \times 12 \% K_2O = 8.64 \text{ kg } K_2O$$

b) Calculo de Nitrógeno (N_2), con el uso de Molimax nitros

$$N_2 = (160)(0.1080)$$

$$N_2 = 17.28 \text{ kg}$$

Como bien se sabe que aplicaremos este nutriente el 50 % en la siembra y el 50 % en el aporque, por lo tanto se tiene que 8.64 Kg de N₂ aplicaremos en la siembra y 8.64 Kg de N₂ en el aporque, pero en la siembra al usar el producto Molimax superdoce, ya se aplicó la cantidad de 8.64 Kg N₂, entonces ahora solo aplicaremos el 8.64 kg N₂ en el aporque, con el producto Molimax Nitros 33% N₂:

$$50 \text{ kg Molimax Nitros} \text{ ----- } 16.50 \text{ kg N}_2$$

$$X \text{ ----- } 8.64 \text{ kg N}_2$$

$$X = 26.18 \text{ Kg Molimax nitros}$$

c) **Calculo de Potasio (K₂O)**

$$K_2O = (120)(0.1080)$$

$$K_2O = 12.96 \text{ kg}$$

Entonces para nuestra parcela necesitamos aplicar 12.96 Kg de K₂O, pero al aplicar Molimax superdoce también incorporamos la cantidad de 8.64 kg K₂O, entonces solo aplicaremos el restante que sería de 4.32 kg K₂O, con el fertilizante Molimax sulfato de potasio K₂O 50 %

$$50 \text{ kg Molimax sulfato de potasio} \text{ ----- } 25 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$X \text{ ----- } 4.32 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$X = 8.64 \text{ Kg Molimax sulfato de potasio}$$

Haciendo un resumen de fertilizantes se tiene que se usó la cantidad de:

$$\text{Molimax Nitros} = 8.64 \text{ Kg}$$

$$\text{Molimax superdoce} = 72 \text{ kg}$$

$$\text{Molimax sulfato de potasio} = 8.64 \text{ Kg}$$

4.2. **Resultados de diseño agronómico**

4.2.1. **Caudal máximo no erosivo**

Teniendo la ecuación antes mencionada de caudal máximo no erosivo, se procedió a determinar el caudal máximo no erosivo que toma valores; C: 0.613, a 0.733 (textura franco arenoso) y la pendiente del suelo que fue determinada con el instrumento de Nivel de Ingeniero, que fue de 0.85 %, entonces reemplazando a la ecuación se tiene:

$$Q_{mne} = \frac{0.613}{0.85^{0.733}}$$

$$Q_{mne} = \frac{0.613}{0.85^{0.733}}$$

$$Q_{mne} = 0.69 \text{ l/s}$$

Para la ejecución del presente trabajo se trabajó con un caudal de 0.50 l/s, puesto que es un valor menor al caudal máximo no erosivo para la zona.

4.2.2. Lámina neta

Teniendo los valores de contenido de humedad a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), la densidad aparente (Da), la profundidad de raíces (Z) y el umbral de riego (Ur), se procedió a calcular la lámina neta optima requerida para sustituir la humedad en el suelo en cada etapa de crecimiento

- ◆ Capacidad de Campo (CC) : 16.34 %
- ◆ Punto de Marchitez Permanente (PMP) : 10.38 %
- ◆ Densidad aparente (Da) : 1.57 g/cm³
- ◆ Profundidad radicular (Z) : 10 cm, 20 cm y 40 cm
- ◆ Umbral de riego (Ur) : 0.50

En este trabajo de investigación se utilizó tres profundidades radiculares diferentes (Z); las cuales son 10 cm, 20 cm y 40 cm; por tal razón contamos con una misma planilla pero con tres laminas netas diferentes, esto debido a que la profundidad radicular de la papa no es homogénea o a lo largo de su ciclo fenológico

- Lámina neta a una profundidad radicular de 10 cm.

$$Ln_{inicial} = \left(\frac{16.34 - 10.38}{100} \right) * 1.57 \text{ g/cm}^3 * 10 \text{ cm}$$

$$Ln_{inicial} = 9.36 \text{ mm}$$

Dicho lámina de 9.36 mm, es incorporada al suelo para fines de preparado del suelo e instalación del cultivo de papa. Dicha lámina lo denominare como lámina inicial para fines de cálculo con la planilla de manejo de riego.

$$Ln_{final} = \left(\frac{16.34 - 10.38}{100} \right) * 1.57 \text{ g/cm}^3 * 10 \text{ cm} * 0.50$$

$$Ln_{final} = 4.68 \text{ mm}$$

La lámina de 4.68 mm, es la cantidad de agua que puede almacenar el suelo a una profundidad de 10 cm, el cual está disponible para la germinación del cultivo de papa.

- Lamina neta a una profundidad radicular de 20 cm.

$$Ln_{inicial} = \left(\frac{16.34 - 10.38}{100} \right) * 1.57 \text{ g/cm}^3 * 20 \text{ cm}$$

$$Ln_{inicial} = 18.72 \text{ mm}$$

$$Ln_{final} = \left(\frac{16.34 - 10.38}{100} \right) * 1.57 \text{ g/cm}^3 * 200 \text{ cm} * 0.50$$

$$Ln_{final} = 9.36 \text{ mm}$$

- Lamina neta a una profundidad radicular de 40 cm.

$$Ln_{inicial} = \left(\frac{16.34 - 10.38}{100} \right) * 1.57 \text{ g/cm}^3 * 40 \text{ cm}$$

$$Ln_{inicial} = 37.43 \text{ mm}$$

$$Ln_{final} = \left(\frac{16.34 - 10.38}{100} \right) * 1.57 \text{ g/cm}^3 * 200 \text{ cm} * 0.50$$

$$Ln_{final} = 18.72 \text{ mm}$$

En la planilla de riego mostrada anteriormente (Cuadro 3.5), se trabajó con tres láminas netas diferentes:

- ◆ La primera lámina neta corresponde a 9.36 mm, que vendría a ser la lámina neta del riego de machaco que para fines de cálculo se utilizó como lámina de inicio de la primera fase fenológica del cultivo de papa (fase de emergencia), que vendría a ser a los 20 días después de la siembra con una profundidad radicular de 10 cm. La lámina de 4.68 mm (lámina final), se obtiene de la diferencia de la lámina neta de riego de machaco y la lámina neta del riego de mantenimiento que es de 4.68 mm.
- ◆ La segunda lámina neta corresponde a 18.72 mm que vendría a ser la lámina neta de mantenimiento a la fase fenológica de formación de estolones del cultivo de papa; en tiempo estamos hablando desde los 20 días después de la siembra (fase fenológica de emergencia) hasta los 60 días con una profundidad radicular de 20 cm. La lámina de 9.36 mm (lámina final) se obtiene de la diferencia de la lámina

de riego de machaco y la lámina neta del riego de mantenimiento que es de 9.36 mm.

- ♦ La tercera y última lámina neta de inicio es de 37.43 mm que vendría a ser la lámina neta para el resto de los ciclos fenológicos del cultivo de papa, con una profundidad radicular de 40 cm. La lámina de 18.72 mm (lámina final) se obtiene de la diferencia de la lámina de riego de machaco y la lámina neta del riego de mantenimiento que es de 18.72 mm.

4.2.3. Determinación de la Evapotranspiración de cultivo (ETc)

Primeramente para determinar la ETc se procedió a determinar la evapotranspiración de referencia (Eto), lo cual se calculó con la ayuda del tanque clase A instalado, que multiplicado con el Kc del cultivo de papa se determinó la ETc diaria del cultivo.

Para el cálculo de Kc se utilizó la información del boletín FAO N°56, para el cultivo de papa, lo cual se utilizó de acuerdo al estado fenológico del cultivo optándose tres Kc para dicho cultivo:

- ♦ Kc: 0.4, este coeficiente se utilizó para los 20 primeros días (fase fenológica de emergencia)
- ♦ Kc: 1.15, desde los 20 días después de la siembra hasta los 100 días del cultivo
- ♦ Kc: 0.65, a partir de los 100 días del cultivo de papa hasta la cosecha.

La ETc obtenida se resta del valor de la lámina neta inicial para obtener el valor de la lámina neta final. El valor máximo al cual debe disminuir la lámina neta final corresponde a los valores de 4.68 mm, 9.36 mm y 18.72 mm, que corresponde a las láminas netas ya mencionadas anteriormente, llegado a este valor se procede a regar el cultivo.

4.2.4. Numero de riegos por mes

Los riegos se dividieron en dos etapas; la primera etapa fue la fase no experimental y la segunda etapa fue la etapa experimental, para lo se utilizaron las tres laminas neta de riego antes calculadas, el criterio fue de reponer la humedad del suelo, a una profundidad arable de 10 cm (hasta los 20 días después de la siembra), 20 cm (hasta los 60 días después de la siembra) y 40 cm (de los 60 días de la siembra hasta la cosecha)

Durante la campaña se hicieron 18 riegos, las cuales fueron efectuados en 2 etapas de riego: la primera etapa fue el periodo previo a la aplicación de tratamientos (fase no experimental) y la segunda etapa fue la etapa de aplicación de tratamientos (fase experimental)

La fase no experimental empezó desde que se hizo el primer riego, 1 día antes de la siembra, con la finalidad de humedecer el suelo para favorecer la brotación de los tubérculos. Luego, se hicieron 8 riegos, de acuerdo al régimen de riegos del CIP, que es aproximadamente 1 riego por semana. Durante esta fase no experimental, los riegos se efectuaron de manera uniforme en todo el campo ya que el objetivo era lograr que las plantas alcancen un desarrollo vegetativo y radicular uniforme y adecuado para la posterior etapa de aplicación de los tratamientos.

4.3. Conducción del experimento

a. Etapa no experimental

Los resultados del régimen hídrico, de dicha etapa se presenta en el Anexo 01 y esta se representa en la Figura 4.1, en las cuales los picos de curva indican los días en los que se realizaron los respectivos riegos.

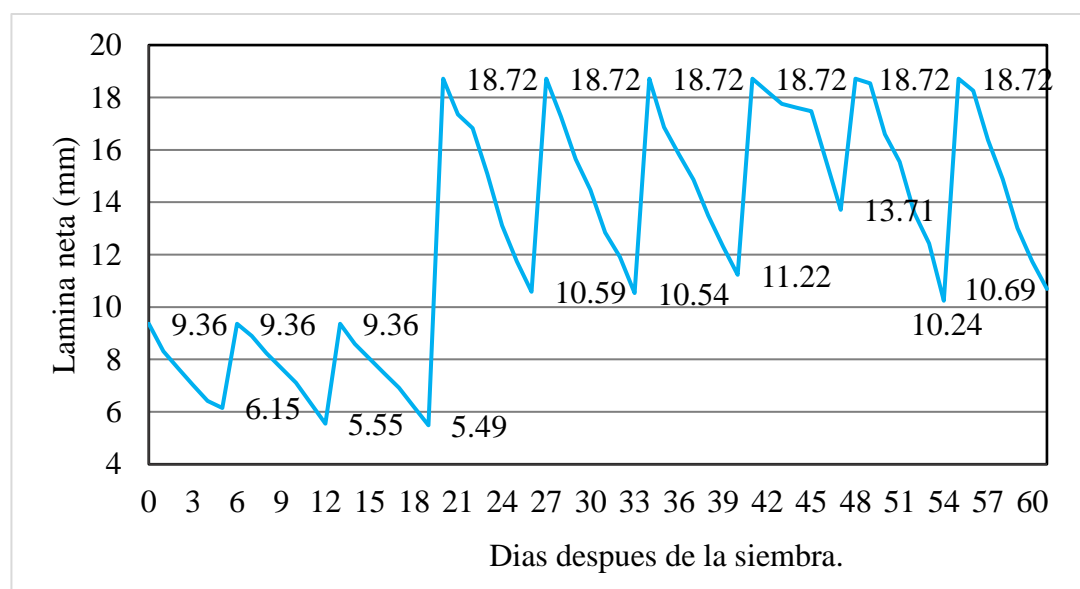


Figura 4.1. Régimen hídrico etapa no experimental

b. Etapa experimental

La fase experimental empezó, a los 62 días después de la siembra, cuando se hizo el primer riego experimental y se prolongó hasta el final de la campaña agrícola. En

esta fase se hicieron 10 riegos experimentales, los resultados de esta etapa se muestran en Anexo 02, y esta se representa en la siguiente Figura 4.2.

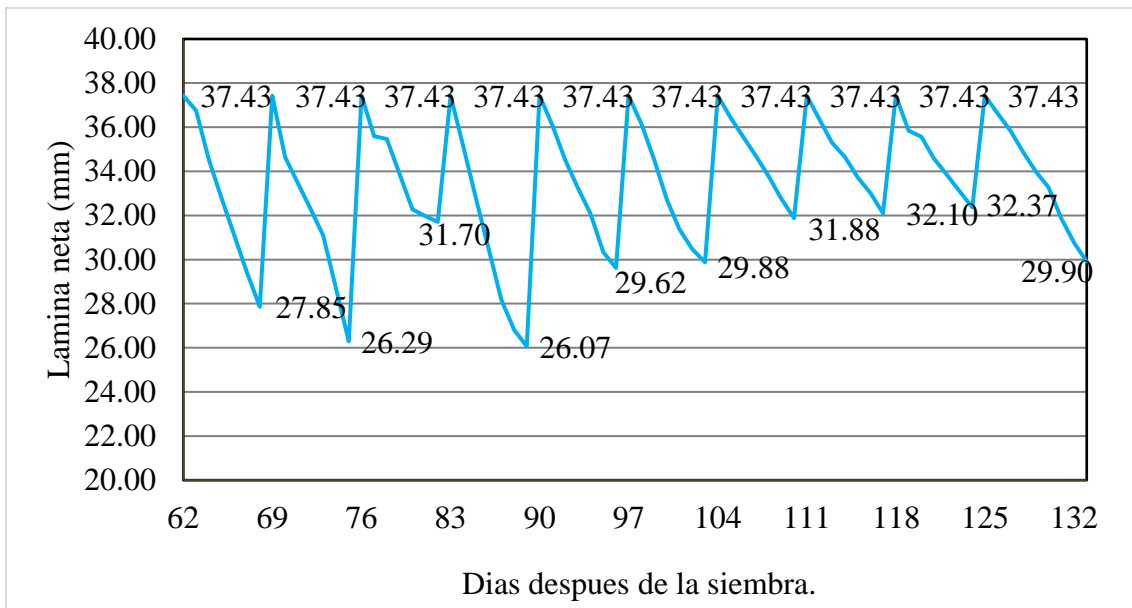


Figura 4.2. Régimen hídrico etapa experimental

4.4. Evaluación de los riegos efectuados

Para poder lograr la intermitencia y el riego parcial de la zona de raíces se contó con tuberías de bambú multicompuertas en cada surco de los tratamientos, con compuertas frente a cada surco, lo cual nos permitió regular el caudal a 0.5 l/s, y así mismo nos permitió utilizar intervalos de aplicación de agua por pulsos a los surcos.

Durante el experimento se realizaron 10 riegos, con un caudal promedio por surco de 0.5 l/s, dicho caudal se utilizaron en los tres tratamientos de riego. La ejecución de estos riegos experimentales fue en las fechas de: 25 de agosto, 01 de septiembre, 08 de septiembre, 15 de septiembre, 22 de septiembre, 29 de septiembre, 06 de octubre, 13 de octubre, 20 de octubre y 27 de octubre

4.5. Análisis de tiempos de apertura y cierre

Los tiempos de apertura y cierre para el riego intermitente y para el riego parcial de la zona de raíces con intermitente se muestran en los cuadros 4.1 y 4.2, donde se pueden observar el análisis de los tiempos de apertura y cierre en cada ciclo de riego, así como también los tiempos de riego para cada riego efectuado durante el periodo vegetativo del cultivo de papa, para este tratamiento.

Cuadro 4.1. Resumen de tiempos de apertura y cierre del riego intermitente.

N° de riego	N° de surco	Tiempo de apertura (min)			Tiempo de Cierre (min)		Tiempo de avance (min)	Tiempo de remojo (min)	Tiempo de riego (min)
		Pulso 1	Pulso 2	Pulso 3	Después del pulso 1	Después del pulso 2			
1	1	3.97	6.48	9.02	5.75	12.38	19.47	45	64.47
	2	4.02	7.02	11.27	4.62	14.48	22.31	45	67.31
	3	3.78	7.70	9.48	5.62	16.35	20.96	45	65.96
	4	5.00	9.35	11.20	5.25	15.28	25.55	45	70.55
	5	4.57	7.20	11.27	6.62	14.38	23.04	45	68.04
	6	4.90	8.92	10.48	6.07	15.62	24.3	45	69.3
2	1	4.28	7.92	10.42	5.40	13.4	22.62	45	67.62
	2	3.97	6.58	9.20	5.60	13.42	19.75	45	64.75
	3	3.8.0	7.18	9.82	5.45	15.22	20.8	45	65.8
	4	4.35	7.42	11.42	6.35	15.45	23.19	45	68.19
	5	4.07	8.20	12.35	5.37	13.42	24.62	45	69.62
	6	3.58	7.20	12.35	5.87	16.40	23.13	45	68.13
3	1	4.58	8.03	10.20	6.20	13.35	22.81	45	67.81
	2	4.17	7.55	11.45	5.85	15.48	23.17	45	68.17
	3	3.8.0	7.85	12.4	4.45	14.42	24.05	45	69.05
	4	3.97	8.27	12.17	5.35	14.47	24.41	45	69.41
	5	4.23	8.32	12.17	5.73	16.17	24.72	45	69.72
	6	4.25	7.20	11.35	4.92	13.47	22.80	45	67.8
4	1	4.58	7.78	11.35	5.92	15.20	23.71	45	68.71
	2	3.75	6.75	10.35	5.42	15.82	20.85	45	65.85
	3	3.38	7.03	12.38	6.40	16.02	22.79	45	67.79
	4	4.42	8.48	12.58	4.40	13.42	25.48	45	70.48
	5	4.93	7.62	12.17	5.78	16.38	24.72	45	69.72
	6	3.43	7.85	11.8	5.85	15.78	23.08	45	68.08
5	1	4.92	8.35	11.38	5.85	15.58	24.65	45	69.65
	2	3.78	7.23	12.02	5.93	15.68	23.03	45	68.03
	3	3.70	7.93	11.38	5.77	14.87	23.01	45	68.01
	4	4.85	7.97	11.87	5.58	14.95	24.69	45	69.69
	5	4.35	8.58	12.4	6.48	15.63	25.33	45	70.33
	6	4.20	7.85	12.75	6.38	14.77	24.8	45	69.8
6	1	4.75	8.52	12.57	5.92	16.58	25.84	45	70.84
	2	4.03	8.43	11.53	6.4	16.85	23.99	45	68.99
	3	3.87	7.60	10.4	5.45	15.22	21.87	45	66.87
	4	4.43	7.58	12.68	4.38	14.62	24.69	45	69.69
	5	4.43	8.42	11.58	5.58	15.87	24.43	45	69.43
	6	3.70	6.10	12.38	5.40	15.53	22.18	45	67.18

Continuación.

N° de riego	N° Surco	Tiempo de apertura (min)			Tiempo de Cierre (min)		Tiempo de avance (min)	Tiempo de remojo (min)	Tiempo de riego (min)
		Pulso 1	Pulso 2	Pulso 3	Después del puso 1	Después del puso 2			
7	1	3.87	7.6	12.58	5.02	14.42	24.05	45	69.05
	2	4.85	6.58	11.2	4.58	15.38	22.63	45	67.63
	3	4.4	8.03	12.58	6.6	16.02	25.01	45	70.01
	4	4.53	7.03	12.85	4.08	16.35	24.41	45	69.41
	5	4.08	8.07	11.43	5.43	15.68	23.58	45	68.58
	6	4.38	8.05	12.75	5.02	15.75	25.18	45	70.18
8	1	3.75	7.88	10.14	5.77	16.4	21.77	45	66.77
	2	5.03	8.38	13.03	4.92	16.38	26.44	45	71.44
	3	3.93	7.93	12.58	5.93	15.02	24.44	45	69.44
	4	4.58	8.2	12.57	5.4	15	25.35	45	70.35
	5	4.4	8.92	13.58	5.6	15.38	26.9	45	71.9
	6	4.88	8.1	12.57	4.75	14.38	25.55	45	70.55
9	1	3.92	7.97	11.57	4.93	14.63	23.46	45	68.46
	2	3.58	6.87	11.58	4.92	15.53	22.03	45	67.03
	3	3.58	6.38	11.38	5.45	15.37	21.34	45	66.34
	4	3.92	8.03	12.53	7.38	16.02	24.48	45	69.48
	5	4.58	7.87	11.87	5.92	16.45	24.32	45	69.32
	6	4	8.22	11.53	5	15.35	23.75	45	68.75
10	1	3.92	7.05	11.53	4.7	15.38	22.5	45	67.5
	2	4.4	6.58	11.57	5	15.53	22.55	45	67.55
	3	4.35	7.18	12.87	5.2	13.87	24.4	45	69.4
	4	4.35	7.42	11.42	6.35	15.45	23.19	45	68.19
	5	4.38	8.2	13.57	5.03	16.58	26.15	45	71.15
	6	4.35	7.03	11.53	5.35	15.38	22.91	45	67.91

Cuadro 4.2. Resumen de tiempos de apertura y cierre del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.

N° riego	N° Surco	Tiempo de apertura (min)			Tiempo de Cierre (min)		Tiempo de avance (min)	Tiempo de remojo (min)	Tiempo de riego (min)
		Pulso 1	Pulso 2	Pulso 3	Después del pulso 1	Después del pulso 2			
1	1	3.97	6.48	9.02	4.28	10.07	19.47	45	64.47
	3	4.02	7.2	10.27	5.03	12.52	21.49	45	66.49
	5	3.78	7.7	9.48	7.35	14.03	20.96	45	65.96
2	2	5	9.35	11.2	5.38	14.63	25.55	45	70.55
	4	4.57	7.2	10.27	6.35	12.38	22.04	45	67.04
	6	3.92	7.47	10.63	4.43	10.07	22.02	45	67.02
3	1	4.02	7.22	11.02	5.2	13.2	22.26	45	67.26
	3	4.42	7.48	11.27	5.35	15.03	23.17	45	68.17
	5	3.88	8.2	11.42	6.58	12.55	23.5	45	68.5
4	2	4.92	8.92	12.2	4.2	11.47	26.04	45	71.04
	4	4.97	8.35	12.43	5.62	11.9	25.75	45	70.75
	6	4.05	9.02	12.5	6.03	13.38	25.57	45	70.57
5	1	4.2	8.05	11.43	6.38	13.43	23.68	45	68.68
	3	4.4	9.42	12.93	5.18	14.17	26.75	45	71.75
	5	3.88	8.1	11.77	6.95	10.48	23.75	45	68.75
6	2	4.35	8.27	11.48	6.18	13.45	24.1	45	69.1
	4	4.7	7.92	10.07	6.92	13.9	22.69	45	67.69
	6	3.97	8.2	11.58	6.45	14.4	23.75	45	68.75
7	1	4.02	7.22	11.02	6.4	11.87	22.26	45	67.26
	3	3.45	7.87	10.47	6.7	14.45	21.79	45	66.79
	5	3.7	8.08	11.95	5.47	14.35	23.73	45	68.73
8	2	5	9.35	11.2	4.4	16.47	25.55	45	70.55
	4	4.7	6.47	11.47	7.02	13.58	22.64	45	67.64
	6	3.8	7.93	11.4	5.42	12.48	23.13	45	68.13
9	1	4.02	7.22	11.02	4.4	14.42	22.26	45	67.26
	3	4.48	7.87	10.35	2.57	17.75	22.7	45	67.7
	5	4.4	8.95	12.48	4.87	10.58	25.83	45	70.83
10	2	5	9.35	11.2	6.47	15.47	25.55	45	70.55
	4	4.42	8.38	13.38	5.87	14.48	26.18	45	71.18
	6	4.38	7.7	10.38	6.4	15.95	22.46	45	67.46

4.5.1. Pruebas de avance registradas.

Con los datos de prueba de avance registradas en el paso anterior, se obtuvo las curvas de avance para cada tratamiento, en donde en las figuras 4.3 y 4.4 se muestran las curvas de avance típicos del riego intermitente y el riego parcial de la zona de raíces con intermitencia respectivamente.

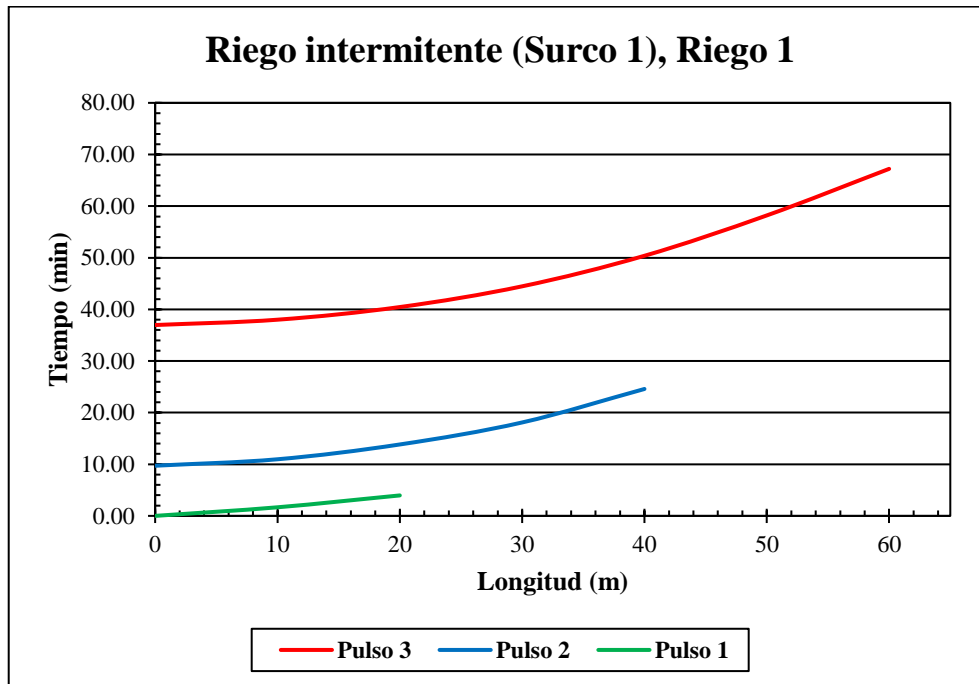


Figura 4.3. Curva de avance del riego intermitente – Primer Riego – Surco 1.

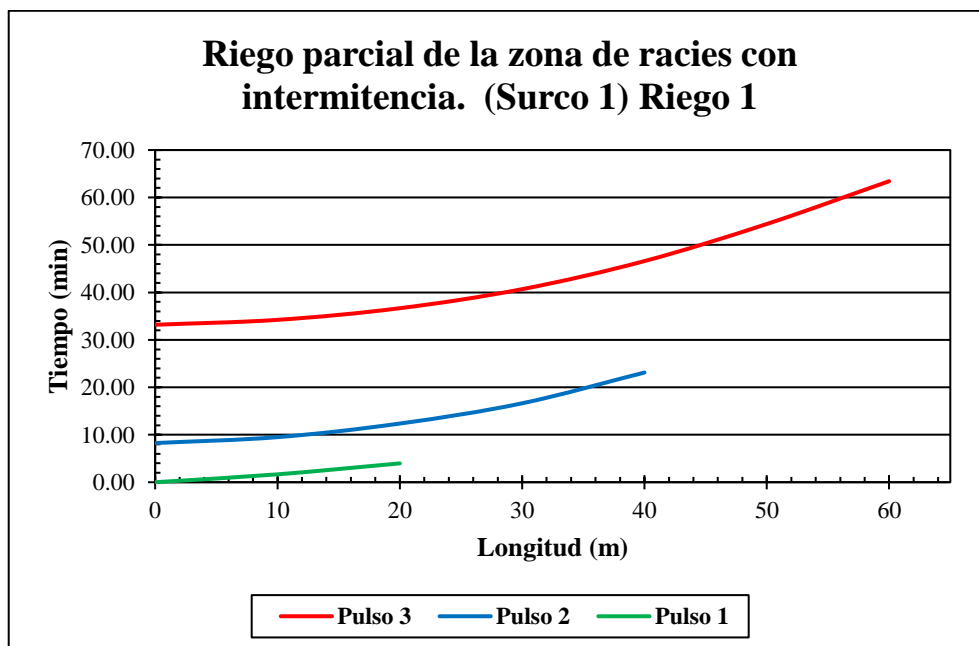


Figura 4.4. Curva de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia – Primer Riego – Surco 1.

4.5.2. Contenido de humedad en el suelo

En los siguientes cuadros se presentan los resultados promedios obtenidos del contenido de humedad a una profundidad 0.40 m, dicha medición de contenido de humedad fueron medidos antes de cada riego (A.R) y después de cada riego (D.R), para cada tratamiento.

En los Cuadros 4.3 y 4.4, se puede observar que con el riego continuo y el riego intermitente, los valores de contenido de humedad fueron muy próximos e incluso mayores a la capacidad de campo luego de la aplicación del riego, disminuyendo en los periodos sin riego sin llegar al punto de marchitez permanente y manteniéndose dentro del rango de agua fácilmente aprovechable, por la cual no se tuvo ninguna condición de déficit hídrico.

Mientras que con el tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitente (Cuadro 4.5), la humedad gravimétrica se midió para cada lado (izquierda y derecha) de la zona de riego alternado, lo cual genero valores próximos al valor de capacidad de campo al día siguiente de la aplicación del riego, mientras que en lado que no se rego en ese turno presento los valores más bajos (aproximadamente entre 10% y 11% de humedad gravimétrica del suelo); en consecuencia se generó estrés hídrico en la planta, sin embargo al mantenerse siempre un nivel de humedad al otro lado de la zona radical el cultivo no ha interrumpido su desarrollo.

Cuadro 4.3. Contenido de humedad – Riego continuo

Capacidad Campo: 16.34%		Punto de Marchitez Permanente: 10.38%	
N° Riego	Fecha	Contenido humedad (45 cm)	Observación
1°	24-ago	11.30	A.R
	26-ago	15.50	D.R
2°	31-ago	10.50	A.R
	02-sep	15.70	D.R
3°	07-sep	10.90	A.R
	09-sep	15.85	D.R
4°	14-sep	12.34	A.R
	16-sep	16.65	D.R
5°	21-sep	11.80	A.R
	23-sep	15.92	D.R
6°	28-sep	12.50	A.R
	30-sep	16.90	D.R
7°	05-oct	12.54	A.R
	07-oct	16.86	D.R
8°	12-oct	12.23	A.R
	14-oct	16.85	D.R
9°	19-oct	10.51	A.R
	21-oct	15.87	D.R
10°	26-oct	11.30	A.R
	28-oct	16.21	D.R

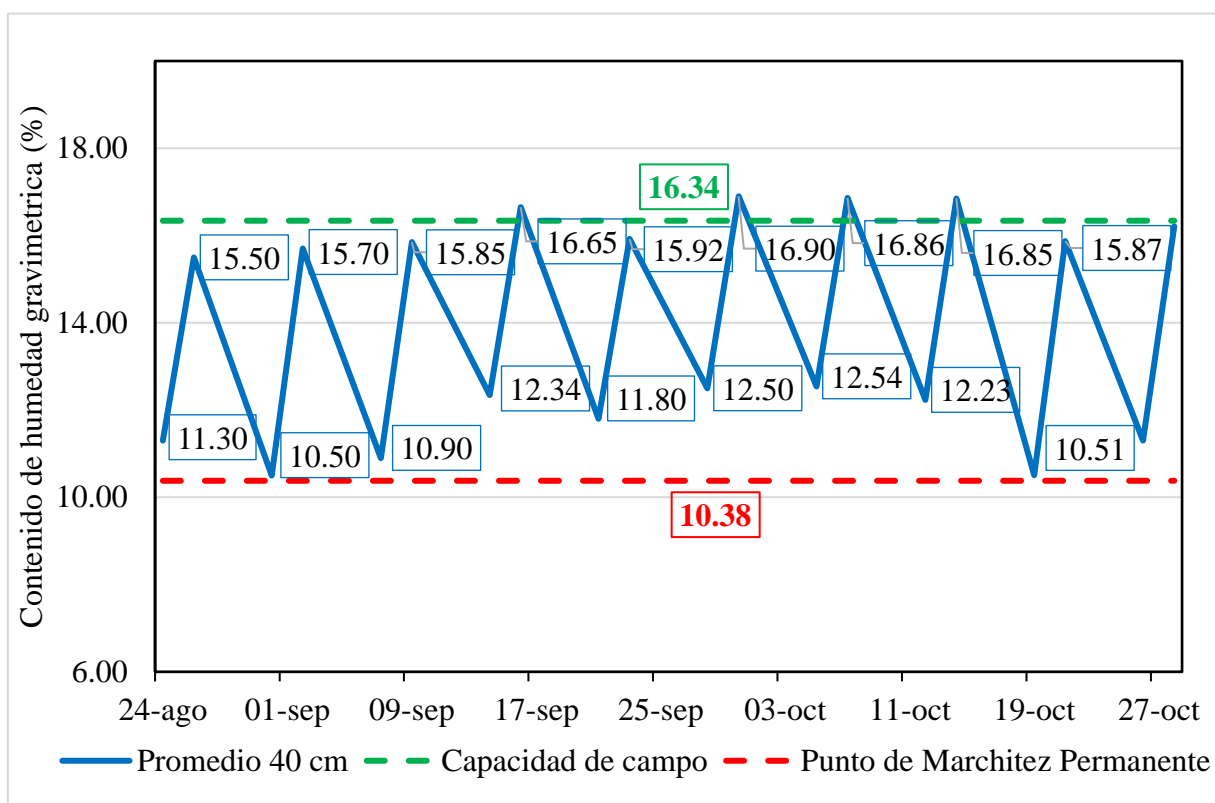


Figura 4.5. Contenido de humedad – Riego continuo

Cuadro 4.4. Contenido de humedad – Riego Intermitente

Capacidad Campo: 16.34%		Punto de Marchitez Permanente: 10.38%	
N° Riego	Fecha	Contenido humedad (45 cm)	Observación
1°	24-ago	10.82	A.R
	26-ago	16.00	D.R
2°	31-ago	11.23	A.R
	02-sep	16.17	D.R
3°	07-sep	11.90	A.R
	09-sep	15.90	D.R
4°	14-sep	12.50	A.R
	16-sep	16.20	D.R
5°	21-sep	11.80	A.R
	23-sep	15.88	D.R
6°	28-sep	12.10	A.R
	30-sep	16.25	D.R
7°	05-oct	12.23	A.R
	07-oct	16.27	D.R
8°	12-oct	12.00	A.R
	14-oct	16.00	D.R
9°	19-oct	11.80	A.R
	21-oct	15.90	D.R
10°	26-oct	11.50	A.R
	28-oct	16.10	D.R

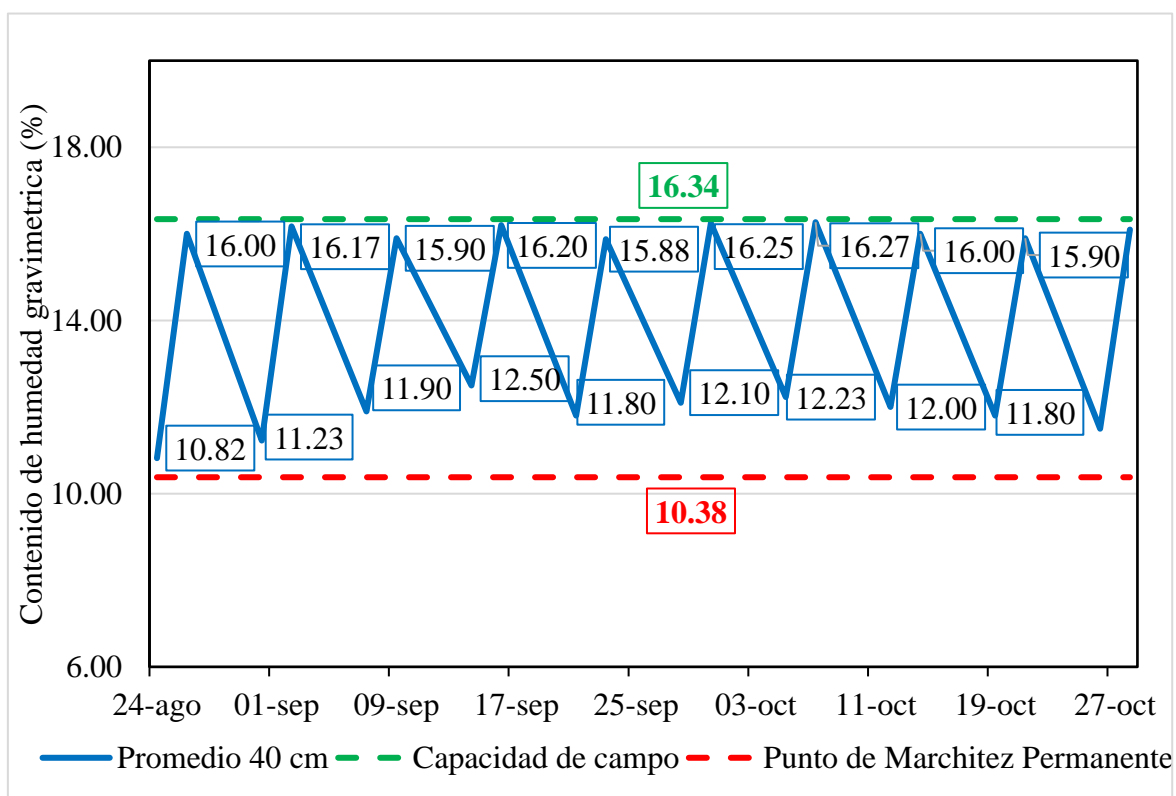


Figura 4.6. Contenido de humedad – Riego Intermitente

Cuadro 4.5. Contenido de humedad – RPZR con intermitente

Capacidad de Campo: 16.34%		Punto de Marchitez Permanente: 10.38%		Observación
N° Riego	Fecha	Promedio contenido humedad (45 cm)		
		Surco derecho	Surco izquierdo	
1°	24-ago	10.90	11.30	A.R
	26-ago	15.70	11.20	D.R
2°	31-ago	12.00	10.20	A.R
	02-sep	11.86	16.20	D.R
3°	07-sep	10.50	12.40	A.R
	09-sep	16.31	11.70	D.R
4°	14-sep	12.10	10.35	A.R
	16-sep	11.90	15.89	D.R
5°	21-sep	10.40	11.70	A.R
	23-sep	15.64	11.50	D.R
6°	28-sep	12.20	10.10	A.R
	30-sep	11.97	16.25	D.R
7°	05-oct	10.30	13.40	A.R
	07-oct	16.36	13.32	D.R
8°	12-oct	12.35	10.50	A.R
	14-oct	12.22	16.21	D.R
9°	19-oct	10.49	11.60	A.R
	21-oct	15.96	11.45	D.R
10°	26-oct	11.30	10.52	A.R
	28-oct	10.90	15.93	D.R

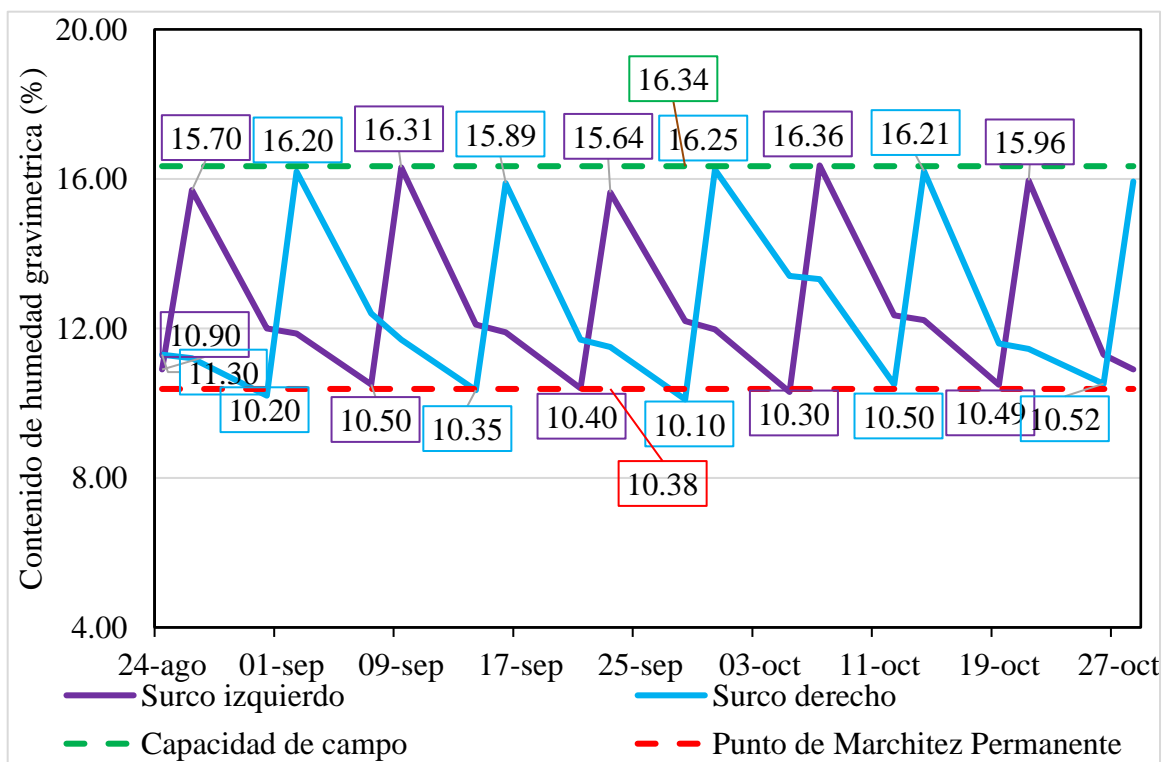


Figura 4.7. Contenido de humedad – RPZR con intermitente

4.5.3. Eficiencia de riego

La eficiencia de aplicación del agua en los tratamientos de riego se determinó aplicando la proporción de la Lámina de agua que se debe aplicar en el campo y la lámina de agua aplicada. Como se puede apreciar en los cuadros 4.6, 4.7 y 4.8, donde se observan que los valores promedios de eficiencia del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia fluctúan de 58.70.15 % a 62.75 % (Cuadro 4.6) con un promedio de eficiencia de 60.17 % y entre 58.07 % a 62.37 % (Cuadro 4.7) con un promedio de eficiencia de 59.97 % en el tratamiento de riego intermitente y en el tratamiento de riego continuo se obtiene una eficiencia de riego de 23.29 % (Cuadro 4.8).

Los valores de la lámina neta para cada riego se obtuvieron del cálculo de la necesidad neta diaria, mientras que los valores de la lámina bruta se calcularon mediante los datos de tiempo de riego, caudal promedio por surco y el área de humedecimiento del surco.

4.5.4. Volumen de agua aplicado por tratamiento

Con los datos de tiempo de riego calculados en cada variante y multiplicándolos por los valores de caudales de ingreso en los surcos evaluados, se logró a determinar los volúmenes de agua aplicados a cada surco en cada variante durante los 10 riegos experimentales, los cuales se muestra en el cuadro 4.9, donde se puede observar que el volumen de agua en el tratamiento de riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente es de 1446.97 m³/ha. Según Rojas N. Guliver A. (2006), en su trabajo de tesis titulado “Secado parcial de raíces: Promisoria técnica de riego evaluada en papa”, determino volúmenes de agua aplicado de 1369 m³/ha en todo el periodo vegetativo de la papa, aplicando la misma técnica de riego parcial de la zona de raíces con sifones.

Cuadro 4.6. Eficiencia de aplicación de riego del tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia

RIEGO PARCIAL DE LA ZONA DE RAÍCES CON INTERMITENCIA										
N° Riego	Fecha de Riego	Caudal (l/s)	Surco	Long. Surco (m)	Ancho surco (m)	Tiempo (min)	Ln (mm)	Lb (mm)	Efic. Aplic (%)	Promedio Ef. Apl (%)
1	25/08/2017	0.50	1	66	1	64.47	18.72	29.30	63.88	62.75
			3	66	1	66.48	18.72	30.22	61.95	
			5	66	1	65.97	18.72	29.99	62.43	
2	01/09/2017	0.50	2	66	1	70.55	18.72	32.07	58.38	60.42
			4	66	1	67.03	18.72	30.47	61.44	
			6	66	1	67.02	18.72	30.46	61.45	
3	08/09/2017	0.50	1	66	1	67.25	18.72	30.57	61.24	60.59
			3	66	1	68.17	18.72	30.99	60.41	
			5	66	1	68.5	18.72	31.14	60.12	
4	15/09/2017	0.50	2	66	1	71.03	18.72	32.29	57.98	58.70
			4	66	1	70.75	18.72	32.16	58.21	
			6	66	1	68.75	18.72	31.25	59.90	
5	22/09/2017	0.50	1	66	1	68.68	18.72	31.22	59.97	59.09
			3	66	1	71.75	18.72	32.61	57.40	
			5	66	1	68.75	18.72	31.25	59.90	
6	29/09/2017	0.50	2	66	1	69.1	18.72	31.41	59.60	60.12
			4	66	1	67.68	18.72	30.76	60.85	
			6	66	1	68.75	18.72	31.25	59.90	
7	06/10/2017	0.50	1	66	1	67.25	18.72	30.57	61.24	60.94
			3	66	1	66.78	18.72	30.35	61.67	
			5	66	1	68.73	18.72	31.24	59.92	
8	13/10/2017	0.50	2	66	1	70.55	18.72	32.07	58.38	59.91
			4	66	1	67.63	18.72	30.74	60.90	
			6	66	1	68.13	18.72	30.97	60.45	
9	20/10/2017	0.50	1	66	1	67.25	18.72	30.57	61.24	60.07
			3	66	1	67.7	18.72	30.77	60.83	
			5	66	1	70.83	18.72	32.20	58.14	
10	27/10/2017	0.50	2	66	1	70.55	18.72	32.07	58.38	59.09
			4	66	1	71.18	18.72	32.35	57.86	
			6	66	1	67.47	18.72	30.67	61.04	

Cuadro 4.7. Eficiencia de aplicación de riego del tratamiento de riego intermitente.

RIEGO INTERMITENTE										
Nº Riego	Fecha de Riego	Caudal (l/s)	Surco	Long Surco (m)	Ancho surco (m)	Tiempo (min)	Ln (mm)	Lb (mm)	Efic. Aplic (%)	Promedio Ef. Apl (%)
1	25/08/2017	0.50	1	66	1	66.47	18.72	30.21	61.96	60.90
			2	66	1	67.48	18.72	30.67	61.03	
			3	66	1	68.97	18.72	31.35	59.71	
			4	66	1	70.55	18.72	32.07	58.38	59.45
			5	66	1	68.03	18.72	30.92	60.54	
			6	66	1	69.3	18.72	31.50	59.43	
2	01/09/2017	0.50	1	66	1	67.62	18.72	30.74	60.91	62.37
			3	66	1	64.75	18.72	29.43	63.60	
			5	66	1	65.8	18.72	29.91	62.59	
			2	66	1	68.18	18.72	30.99	60.40	60.00
			4	66	1	69.62	18.72	31.65	59.16	
			6	66	1	68.13	18.72	30.97	60.45	
3	08/09/2017	0.50	1	66	1	67.82	18.72	30.83	60.73	60.26
			3	66	1	68.17	18.72	30.99	60.41	
			5	66	1	69.05	18.72	31.39	59.64	
			2	66	1	69.4	18.72	31.55	59.34	59.72
			4	66	1	69.72	18.72	31.69	59.07	
			6	66	1	67.8	18.72	30.82	60.74	
4	15/09/2017	0.50	1	66	1	68.72	18.72	31.24	59.93	61.07
			3	66	1	65.85	18.72	29.93	62.54	
			5	66	1	67.8	18.72	30.82	60.74	
			2	66	1	70.48	18.72	32.04	58.43	59.33
			4	66	1	69.72	18.72	31.69	59.07	
			6	66	1	68.08	18.72	30.95	60.49	
5	22/09/2017	0.50	1	66	1	69.65	18.72	31.66	59.13	60.07
			3	66	1	68.03	18.72	30.92	60.54	
			5	66	1	68.02	18.72	30.92	60.55	
			2	66	1	69.68	18.72	31.67	59.10	58.89
			4	66	1	70.33	18.72	31.97	58.56	
			6	66	1	69.8	18.72	31.73	59.00	
6	29/09/2017	0.50	1	66	1	70.83	18.72	32.20	58.14	59.81
			3	66	1	69	18.72	31.36	59.69	
			5	66	1	66.87	18.72	30.40	61.59	
			2	66	1	69.7	18.72	31.68	59.09	59.90
			4	66	1	69.43	18.72	31.56	59.32	
			6	66	1	67.18	18.72	30.54	61.30	

Continuación

RIEGO INTERMITENTE										
N° Riego	Fecha de Riego	Caudal (l/s)	Surco	Long Surco (m)	Ancho surco (m)	Tiempo (min)	Ln (mm)	Lb (mm)	Efic. Aplic (%)	Promedio Ef. Apl (%)
7	06/10/2017	0.50	1	66	1	69.05	18.72	31.39	59.64	59.79
			3	66	1	67.63	18.72	30.74	60.90	
			5	66	1	70.02	18.72	31.83	58.82	
			2	66	1	69.42	18.72	31.55	59.33	59.35
			4	66	1	68.58	18.72	31.17	60.05	
			6	66	1	70.18	18.72	31.90	58.68	
8	13/10/2017	0.50	1	66	1	66.77	18.72	30.35	61.68	59.54
			3	66	1	71.45	18.72	32.48	57.64	
			5	66	1	69.45	18.72	31.57	59.30	
			2	66	1	70.35	18.72	31.98	58.54	58.07
			4	66	1	71.9	18.72	32.68	57.28	
			6	66	1	70.55	18.72	32.07	58.38	
9	20/10/2017	0.50	1	66	1	68.45	18.72	31.11	60.17	61.23
			3	66	1	67.03	18.72	30.47	61.44	
			5	66	1	66.35	18.72	30.16	62.07	
			2	66	1	69.48	18.72	31.58	59.27	59.53
			4	66	1	69.32	18.72	31.51	59.41	
			6	66	1	68.75	18.72	31.25	59.90	
10	27/10/2017	0.50	1	66	1	67.5	18.72	30.68	61.01	60.44
			3	66	1	67.55	18.72	30.70	60.97	
			5	66	1	69.4	18.72	31.55	59.34	
			2	66	1	68.18	18.72	30.99	60.40	59.64
			4	66	1	71.15	18.72	32.34	57.88	
			6	66	1	67.92	18.72	30.87	60.64	

Cuadro 4.8. Eficiencia de aplicación de riego del tratamiento de Riego Continuo

Caudal (l/s)	Longitud (m)	Ancho surco (m)	Tiempo (min)	Ln (mm)	Lb (mm)	Efic. Aplic (%)
0.50	66.00	1.00	176.83	18.72	80.38	23.29

Cuadro 4.9. Volumen total de aplicación de agua por campaña.

Tratamiento	Tiempo riego Promedio (min)	Caudal (l/s)	Volumen de agua aplicado (m³/ha).
Riego parcial de la zona de raíces con intermitencia	68.49	0.50	1446.97
Riego intermitente	68.71	0.50	2903.24
Riego continuo	176.83	0.50	7471.69

4.6. Evaluación de número de tallos por planta.

Los resultados promedios de números de tallos por planta se muestran en el Cuadro 4.10.

Cuadro 4.10. Resultados promedio de número de tallos por planta.

Tratamiento	Bloque	N° Tallos/planta
Riego continuo	1	2.53
	2	2.67
	3	2.30
	4	2.60
	5	2.40
	6	1.63
Riego intermitente	1	2.10
	2	2.33
	3	2.13
	4	1.87
	5	1.60
	6	1.60
Riego parcial de la zona de raíces con intermitente	1	1.93
	2	1.70
	3	1.97
	4	1.60
	5	1.80
	6	1.93

Teniendo estos datos se pudo determinar su análisis estadístico respectivo, en donde según el Cuadro 4.11, el análisis de variancia para el numero de tallos por planta, muestra que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos (tipos de riego) con un coeficiente de variabilidad de 13.30%.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey a un $\alpha= 0.05$ (Cuadro 4.12), se observó que el tratamiento de Riego continuo, alcanzo un mejor número de tallos por planta de 2.355 tallos/planta, seguido del tratamiento de riego intermitente común valor de 1.938 tallos/planta. El tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia obtuvo un valor de 1.822 tallos/planta, estadísticamente menor a los otros tratamientos y con una reducción del 23% con respecto al valor más alto.

Cuadro 4.11. Cuadrados medios y análisis de variancia para número de tallos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	0.9433	0.4717	6.41	0.0161 *
Bloque	5	0.5449	0.1089	1.48	0.2785 NS
Error	10	0.7354	0.0735		
Total	17	2.2237			

NS: No significativo

* ($\alpha \leq 0.05$) Significativo

Cuadro 4.12. Prueba de comparación de medias de Tukey para número de tallos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Tratamiento	N	Media (Tallos/planta)	Agrupación	Coefficiente de variación
Riego Continuo	6	2.355	A	
Riego intermitente	6	1.938	AB	13.30%
RPZR	6	1.822	B	

Medias con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

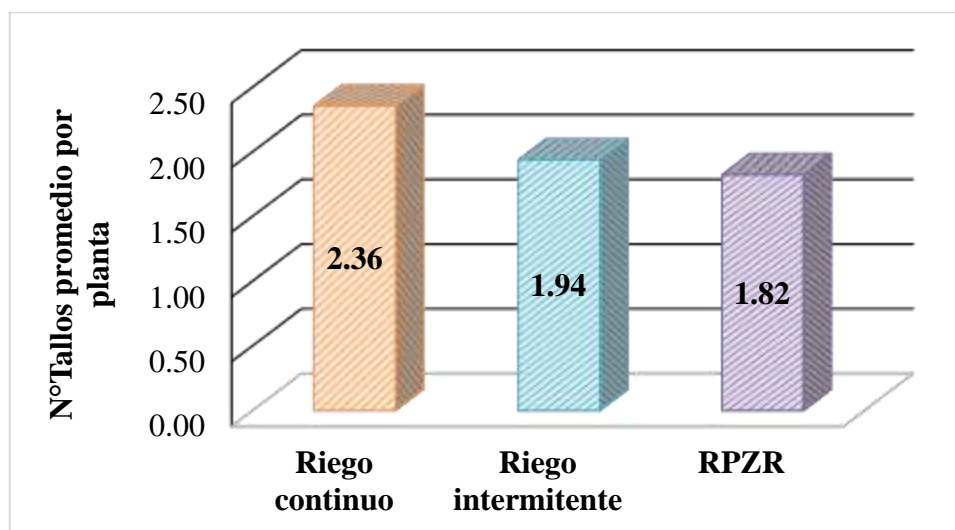


Figura 4.8. Efecto del tipo de riego sobre el número de tallos por planta.

4.7. Evaluación de número de tubérculos por planta.

Los resultados promedios de números de tubérculos por planta se muestran en el Cuadro 4.13.

Cuadro 4.13. Resultados promedio de número tubérculos por planta.

Tratamiento	Bloque	NºTubérculos/planta
Riego continuo	1	31.97
	2	28.13
	3	24.53
	4	24.57
	5	23.87
	6	18.00
Riego intermitente	1	24.13
	2	27.47
	3	25.03
	4	21.97
	5	26.63
	6	26.87
Riego parcial de la zona de raíces con intermitente	1	21.77
	2	24.23
	3	22.23
	4	20.83
	5	25.43
	6	21.73

Teniendo estos datos se pudo hacer el análisis de variancia para el número de tubérculos de papa por plantase pudo realizar el análisis de variancia para el numero de tubérculos de papa por planta, lo cual indica que no existen diferencias entre los tratamientos (Cuadro 4.14).

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey a un $\alpha= 0.05$ (Cuadro 4.15), tampoco se encontró diferencias entre los tratamientos de tipos de riego, que alcanzaron valores de números de tubérculos de papa de 25.35 tubérculos / planta, 25.178 tubérculos/planta y 22.703 tubérculos/ planta, para Riego intermitente, Riego continuo y RPZR; respectivamente.

Cuadro 4.14. Cuadrados medios y análisis de variancia del número de tubérculos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	26.3199	13.1599	1.39	0.2935 NS
Bloque	5	50.9166	10.1833	1.07	0.4293 NS
Error	10	94.7289	9.4729		
Total	17	171.9653			

NS: No significativo

Cuadro 4.15. Prueba de comparación de medias de Tukey para número de tubérculos por planta del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Tratamiento	N	Media (Tubérculos/planta)	Agrupación	Coefficiente de variación
Riego Intermitente	6	25.350	A	
Riego continuo	6	25.178	A	12.61%
RPZR	6	22.703	A	

Medias con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

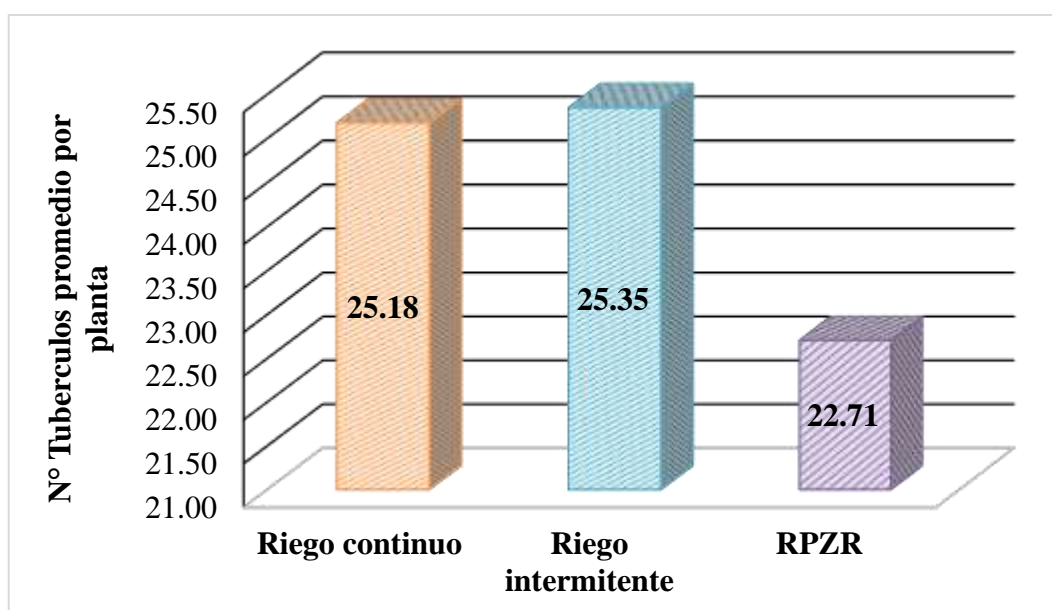


Figura 4.9. Efecto del tipo de riego sobre el número tubérculo por planta.

4.8. Rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA.

Los resultados de rendimiento del cultivo de los tres tratamientos se muestran en el Cuadro 4.16.

Cuadro 4.16. Rendimientos del cultivo de papa.

Tratamiento	Bloque	Rend. comercial (g/planta)	Rend. no comercial (g/planta)	Rend. total (g/planta)	Promedio Rend. total (g/planta)	Rendimiento total (Tn/ha)
Riego continuo	1	994.60	668.20	1662.80	1411.905	35.30
	2	1062.53	533.70	1596.23		
	3	911.20	611.83	1523.03		
	4	601.90	676.87	1278.77		
	5	627.73	595.40	1223.13		
	6	850.33	337.13	1187.47		
Riego intermitente	1	950.47	545.60	1496.07	1534.50	38.36
	2	1122.40	538.47	1660.87		
	3	924.77	540.07	1464.83		
	4	1027.73	422.97	1450.70		
	5	871.50	581.67	1453.17		
	6	1158.47	522.90	1681.37		
Riego parcial de la zona de raíces con intermitente	1	1361.90	413.17	1775.07	1684.79	42.12
	2	1191.40	471.30	1662.70		
	3	1280.67	469.10	1749.77		
	4	1077.87	456.80	1534.67		
	5	1083.07	596.37	1679.43		
	6	1105.83	601.23	1707.07		

Como se observa los rendimientos del cultivo de papa en el cuadro 4.16, el tratamiento de riego parcial de la zona de raíces obtuvo un rendimiento de 42.12 tn/ha. Según Rojas N. Guliver A (2006), en su trabajo de investigación titulado “Secado parcial de raíces: Promisoria técnica de riego evaluada en papa”, encontró rendimientos de 36.20 tn/ha aplicando la misma técnica de riego parcial de la zona de raíces con sifones, a la vez según Yactayo et al. (2017), en su trabajo de investigación titulado “Improving potato cultivation using siphons for partial root-zone drying irrigation: A case study in the Blue Nile river basin, Ethiopia”, encontró rendimientos de 39.40 tn/ha aplicando la misma técnica de riego parcial de la zona de raíces, por lo que este resultado es aceptable y a la vez se recomienda la aplicación de dicho método puesto que se reduce el volumen de agua aplicado y se obtiene una mejora en cuanto al rendimiento del cultivo de papa.

4.8.1. Rendimiento no comercial.

Teniendo los datos de rendimiento no comercial que se muestran en el cuadro 4.16, se pudo hacer el análisis de variancia para el rendimiento no comercial del cultivo de papa, indica que no existen diferencias entre los tratamientos (Cuadro 4.17).

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey a un $\alpha= 0.05$ (Cuadro 4.18), tampoco se encontró diferencias entre los tratamientos de tipos de riego, que alcanzaron valores de rendimiento de 570.52 g/planta, 525.28 g/planta y 501.33 g/planta; respectivamente.

Cuadro 4.17. Cuadrados medios y análisis de variancia del rendimiento no comercial de tubérculos del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	14816.42	7408.21	0.70	0.519 NS
Bloque	5	18508.30	3701.66	0.35	0.871 NS
Error	10	105662.28	10566.23		
Total	17	138987.00			

NS: No significativo

Cuadro 4.18. Prueba de comparación de medias de Tukey para el rendimiento no comercial del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Tratamiento	N	Media (g/planta)	Agrupación	Coefficiente de variación
Riego Continuo	6	570.52	A	
Riego intermitente	6	525.28	A	19.31%
RPZR	6	501.33	A	

Medias con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$)

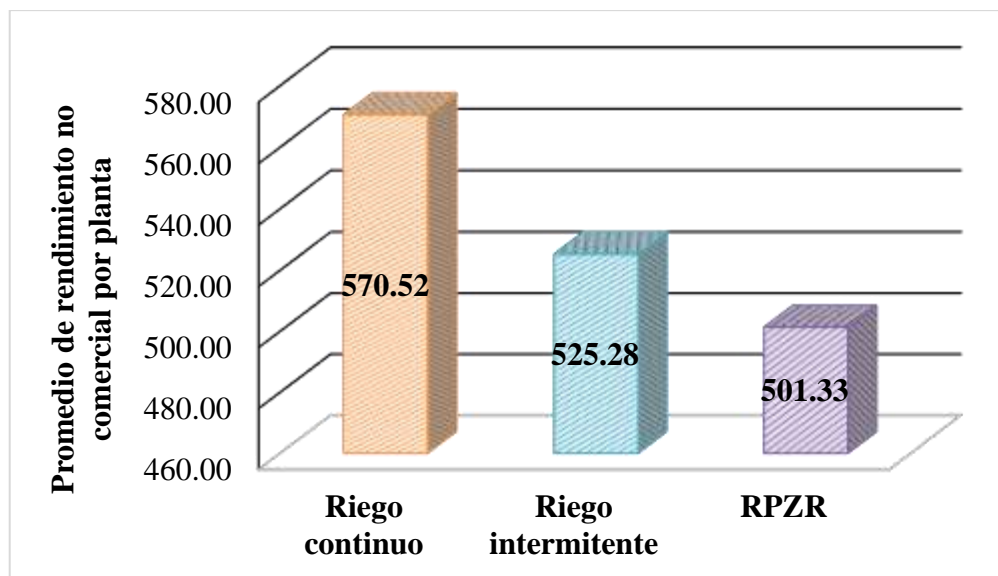


Figura 4.10. Efecto del tipo de riego sobre el rendimiento de tubérculos no comerciales por planta (g/planta).

4.8.2. Rendimiento comercial.

Teniendo los datos de rendimiento comercial que se muestran en el cuadro 4.16, se pudo hacer el análisis de variancia para el rendimiento comercial de tubérculos por planta, muestra que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos (tipos de riego) con un coeficiente de variabilidad de 11.78%

La prueba de comparación de medias de Tukey a un $\alpha = 0.05$ (Cuadro 4.20), se observó que el tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia, alcanzo el mejor rendimiento comercial de tubérculos por planta de 1183.46 g/planta, seguido por el tratamiento de riego intermitente con un rendimiento de 1009.22 g/planta. El tratamiento de riego continuo obtuvo un rendimiento promedio de 841.38 g/planta, estadísticamente menor a los otros tratamientos y con una reducción del 29% con respecto al valor más alto.

Cuadro 4.19. Cuadrados medios y análisis de variancia del rendimiento comercial de tubérculos del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	351086.77	175543.39	12.36	0.002 **
Bloque	5	171889.38	171889.38	2.42	0.111 NS
Error	10	142031.78	14203.18		
Total	17	665007.93			

NS: No significativo

** ($\alpha \leq 0.01$) Altamente significativo

Cuadro 4.20. Prueba de comparación de medias de Tukey para el rendimiento comercial del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Tratamiento	N	Media (g/planta)	Agrupación	Coefficiente de variación
RPZR	6	1183.46	A	
Riego intermitente	6	1009.22	AB	11.78%
Riego continuo	6	841.38	B	

Medias con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$)

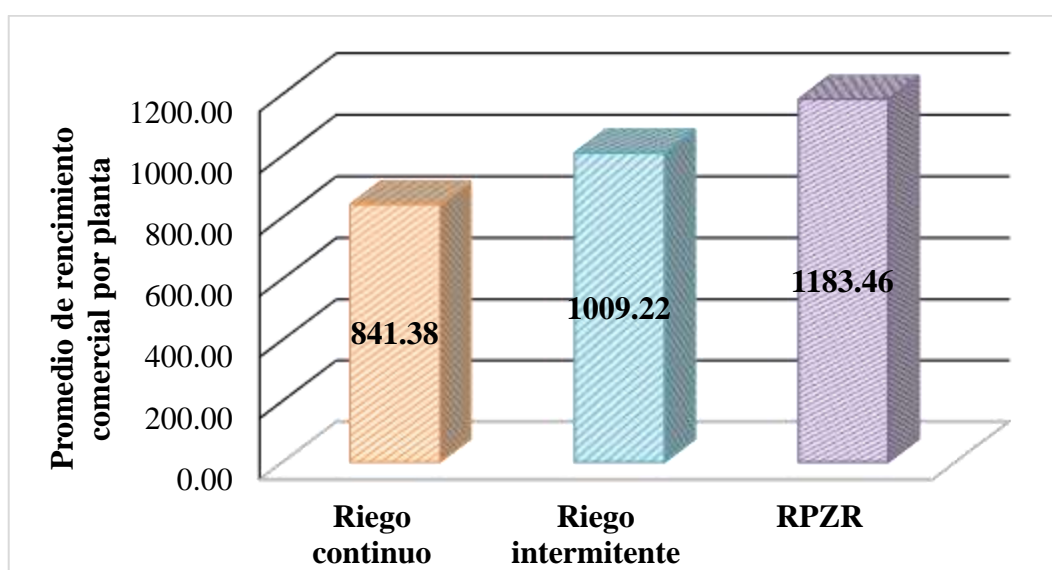


Figura 4.11. Efecto del tipo de riego sobre el rendimiento de tubérculos comerciales por planta (g/planta).

4.8.3. Rendimiento total.

Teniendo los datos de rendimiento total que se muestran en el cuadro 4.16, se pudo hacer el análisis de variancia para el rendimiento total en donde según el cuadro 4.21, el análisis de variancia para el rendimiento total de tubérculos por planta, muestra que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos (tipos de riego) con un coeficiente de variabilidad de 8.52%.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey a un $\alpha= 0.05$ (Cuadro 4.22), se observó que el tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia, alcanzó el mejor rendimiento total de tubérculos por planta de 1684.79 g/planta, seguido por el tratamiento de riego intermitente con un rendimiento de 1534.50 g/planta. El tratamiento de

riego continuo obtuvo un rendimiento total promedio de 1411.91 g/planta, estadísticamente menor a los otros tratamientos y con una reducción del 17% con respecto al valor más alto.

Cuadro 4.21. Cuadrados medios y análisis de variancia del rendimiento total de tubérculos por planta, para los tres tipos de riego.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	224157.03	112078.52	6.47	0.0156 *
Bloque	5	133314.19	26662.84	1.54	0.262 NS
Error	10	173120.53	17312.05		
Total	17	530591.75			

Medias con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

Cuadro 4.22. Prueba de comparación de medias de Tukey para el rendimiento total del cultivo de papa, para los tres tipos de riego.

Tratamiento	N	Media (g/planta)	Agrupación	Coefficiente de variación
RPZR	6	1684.79	A	
Riego intermitente	6	1534.50	AB	8.52%
Riego continuo	6	1411.91	B	

Medias con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

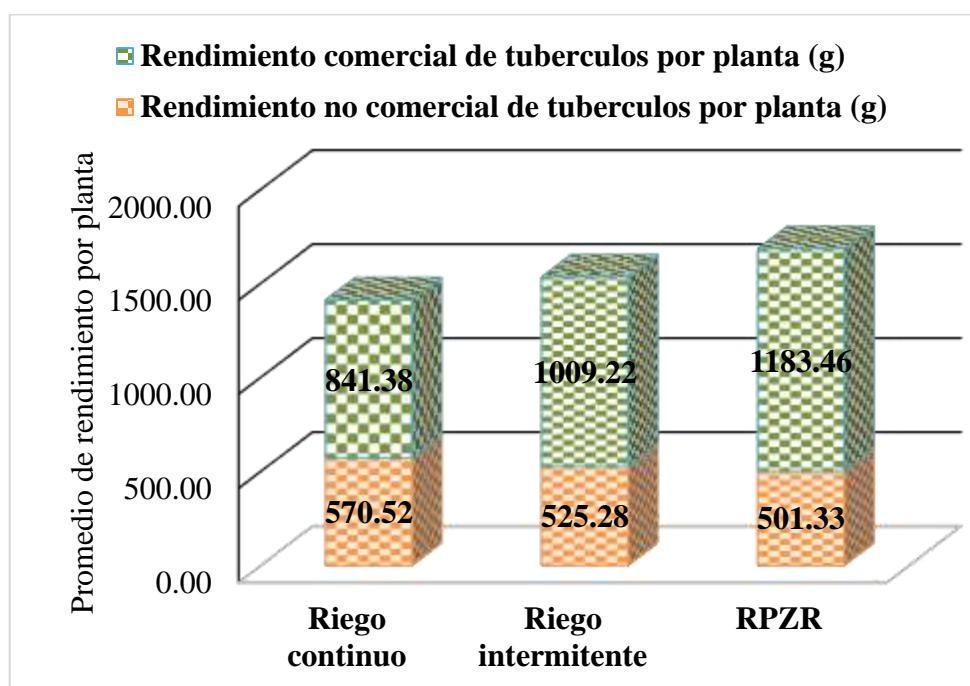


Figura 4.12. Rendimiento total de tubérculos por planta por tratamiento (g/planta).

V. CONCLUSIONES

1. Los volúmenes de agua utilizados por los tratamientos de riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente, riego intermitente y riego continuo fueron de: 1446.97 m³/ha, 2903.24 m³/ha y 7471.69 m³/ha respectivamente, comparando el riego parcial de la zona de raíces más riego intermitente, con el tratamiento de riego intermitente y riego continuo, se obtuvo un ahorro de agua de 1456.27 m³/ha y 6024.72 m³/ha respectivamente.
2. El rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA, con el riego parcial de la zona de raíces con intermitencia, es en promedio 1.69 kg/planta, lo que da a 42.12 tn/ha, así mismo este tipo de riego obtuvo un menor número de tallos y tubérculos por planta con respecto al RI y el riego continuo.
3. El rendimiento del cultivo de papa var. UNICA, con el riego intermitente, es de 1.53 kg/planta, lo que da 38.36 tn/ha, y del riego continuo es de 1.41 kg/planta, lo que da 35.30 tn/ha, así mismo el tratamiento de riego intermitente obtuvo un mayor número de tubérculos por planta con respecto al RPZR y el riego continuo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar próximos trabajos con el riego parcial de la zona de raíces con diferentes porcentajes de láminas de riego.
2. Realizar estudios de la técnica de riego de secado parcial de la zona de raíces con espaciamientos de 0.8 metros entre surcos y de 0.3 metros entre plantas para el cultivo de papa.
3. Realizar la misma técnica de riego de secado parcial de la zona de raíces con otras variedades del cultivo de papa y a la vez para diferentes cultivos de demanda nacional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUS, J. L.; SLAFER, G. A.; REYNOLDS, M. P.; AND ROYO, C. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot- London*, 89: 925–940.

BAUTISTA, E, SCHLEGEL, J. L. and STRELKOFF, T. S. 2012. WinSRFR 4.1 –user Manual. USDA-ARS Arid Land Agricultural Research Center. 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ, USA, September, 2012.

BELAUSTEGUIS, S. y MUSTIELES, A. 2014. Sistema de riego intermitente para el uso eficiente del agua. www.agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/223-metodos-de-riego-en-trigo?fontstyle=f-larger.

CAMPOS, B. 2014. Efectos de la adición de los abonos orgánicos y la fertilización química en la papa cultivar Huayro, tesis Ing. Agr. UNALM-Lima, Perú. pp. 14-16.

CARBAJAL, LI. C. M. 2004. Metodología para el mejoramiento del uso del agua de riego empleando el sistema de riego intermitente. Tesis (Magíster Scientiae). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola. 172 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 2002. Informe Técnico Anual 2001-2002 del Proyecto FONTAGRO. Selección y Utilización de Variedades de Papa con Resistencia a Enfermedades para el Procesamiento Industrial de América Latina. Centro Internacional de la Papa – CIP. Lima, Perú. pp. 84.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1998. Informe técnico anual 1997-1998 del proyecto PROMESPA para el mejoramiento y semilla de papa. Centro Internacional de la Papa – CIP. Lima, Perú. pp. 54.

CHALMERS, D. J.; MITCHELL, P. D. Y VAN HEEK, L. 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning *journal of the American Society for horticultural science*, 106: 307-312

- DAVIES, W. J. AND J. ZHANG. 1991. Roots signals and the regulation of growth and development of plant in drying soil. Annual Review of plant and physiology. Plant Molecular Biology, 42: 55-76.
- DAVIES, W. J.; TARDIEU, F.; TREJO, C. L. 1994. How do chemical signals work in plants that grow in drying soil? Plant Physiol. 104: 309-314.
- DAVIES, W. J. AND GOWING, D. J. G. 1999. Plant responses to small perturbations in soil water status. In MC Press (ed.), Physiological plant ecology. Oxford: Blackwell. p. 67 – 90.
- DAVIES, W. J.; ILKINSON, S; LOVEYS, B. 2002. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. New phytol, 153: 449-460.
- DIRECCION REGIONAL DE AGRICULTURA DE ANCASH (DRAA). 2008. Cultivo de la papa en Ancash. Año Internacional de la Papa. pp 82.
- DRY, P. R.; LOVEYS, B. R.; DURING, H. 2000B. Partial drying of the root-zone of grape. 2. Changes in the pattern of root development. Vitis, 39: 3-8.
- DRY, P. R.; LOVEYS, B. R.; DURING, H. 2000A. Partial drying of the root-zone of grape. 1. Transient changes in shoot growth and gas exchange. Vitis, 39: 3-8.
- Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma. FAO Estudio Riego y Drenaje No. 56. 1990.
- EGUSQUIZA B, R. y CATALAN B, W. 2011. Guía técnica curso-taller Manejo integrado de papa. UNALM – AGROBANCO.
- FAGERIA, NK; BALIGAR, VC; CLARK, RB. 2006. Physiology of crop production. Primera edición. 153-175.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje N° 56.
- FERNANDEZ, E. Y CAMACHO, F. 2005. Eficiencia en el uso del agua. Revista viveros, Universidad de Almería en España, 86-89.

- FLEXAS, J. AND MEDRANO, J. 2002A. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of botany*, 89: 183-189.
- GUTIERREZ, J. y ESPINOZA, M. 2007. ÚNICA: Variedad Peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. *Revista latinoamericana de la papa*. 14(1): 41-51.
- GRUNER, G. y DE GEUS, T. 1982. La fertilización de la papa. *Actualidades de la Ingeniería Agronómica, Universidad de la Habana*. 4 (7): 28.
- GRUNER, G. 1983. Fertilización de la papa. *Informes sobre fertilización. Boletín verde*. Hannover, Alemania. pp. 22-25.
- HARGREAVES, G. H. AND SAMANI, Z. A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Transaction of ASAE*, 1(2): 96-99.
- HOCHMUTH, G. J. 2001. Fertilizer management for greenhouse vegetables. *Florida greenhouse vegetable production handbook, Vol 3*. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRICOLAS (INCA) 1987. Informe de los resultados del Taller sobre: La fertilización en el cultivo de la papa. Habana, Cuba. pp. 5.
- JIMENEZ A, C. 2010. Tuberosas y raíces. Texto universitario FAZ – UNSAAC – CUSCO.
- JONES H. G. 1992. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- JOVANOVIC, Z; STIKIC, R; VUCELIC, B; PAUKOVIC, M; BROVIC, Z; MATOVIC, G; ROVCANIN, S; MOJEVIC, M. 2010. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. *European Journal of Agronomy*, 33: 124-131.
- KANG, S.; HU, X.; GOODWIN, I.; JERIE, P. 2002. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. *Scientia Horticulturae* 92: 277-291.
- KANG, S. AND ZHANG, J. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency *Journal of Experimental Botany*, 55: 2437-2446.

- KUPERS, L. 1985. Fertilization and crop rotation of potatoes a theory and recommendation. International Potato Course. Holanda. pp. 17.
- LAMBERS, H.; STUART-CHAPIN III, F.; PONS, T.L. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag, New York.
- LEUNG, J. AND GIRAUDAT, J. 1998. Abscisic acid signal transduction. Ann. Rev. plant Physiol. Plant Mol. Biol., 49: 199-222.
- LOVEYS, B. R.; GRANT, W. J. R.; DRY, P. R.; MCCARTHY, M. G. 1997. Progress in the development of partial root-zone drying. The Australian Grapegrower and Winemaker 403: 18-20.
- LOVEYS, B. R.; STOLL, M.; DRY, P. R.; MCCARTHY, M. G. 1998. Partial rootzone drying stimulates stress responses in grapevine to improve water use efficiency while maintaining crop yield and quality. The Australian Grapegrower and Winemaker 414a: 108-103.
- LOVEYS, B. R.; DRY, P. R.; MCCARTHY, M. G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. Acta Hort. 537: 187-197.
- MENDOZA, H. y MOSQUERA, V. 2011. Selección de Variedades de Papa. Metodología para Evaluación de Material Genético Avanzado. Proyecto UNALM-INCAGRO-CIP. pp. 72-74.
- MULLET, J. E. AND WHITSSIT, M. S. 1996. Plant growth regulation. Kluwer Academic publishers. Printed in the Netherlands. 20: 119-124
- NILSEN, E.T. AND ORCUTT, D.M. 1996. The physiology of plants under stress. Wiley. New York, NY, EE UU., 689 p.
- OLARTE, W. 1987. Manual de riego por gravedad. Comisión de Coordinación de Tecnología Andina (CCTA). Lima, Perú.
- PASSIOURA, J. B. 1996. Drought and drought tolerance. Plant Growth Regulation, 20: 79-83.
- RENDÓN, L. 1993. Riego por melgas capítulo del libro II Curso Internacional De Sistemas De Riego. Capingo, México.

- RICHARDS, D. AND ROWE, R. 1977. Effects of root restriction, root pruning and 6-benzylamino-purine on the peach seedlings. *Ann Bot.*, 41:729-740.
- ROJAS, N. G. 2006. Secado parcial de raíces: promisorio técnica de riego evaluada en papa (*solanum tuberosum*). Lima, Perú.
- SÁNCHEZ, B. M. J. Y TORRECILLAS, A. 1995. Riego Deficitario Controlado, Fundamentos y Aplicaciones. España. 66 p.
- SANTOS, P. L.; JUAN, V. J.; PICORNELL, B. M.; TARJUELO, M. B. 2010. El riego y sus tecnologías. UCLM. 296 pp.
- SCALOPPI y EDMAR. J. 2003. Irrigacao por superficie. Serie Engenharia Agrícola vol. 2. Sao Paulo, Brasil.
- SCHACHTMAN, D. P. AND GOODGER, J. Q. 2008. Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in plant science*. 13: 281-287.
- SIFUENTES, F. 2012. Crecimiento, producción y calidad de papa para fritura var. ÚNICA. Tesis Ing. Agr. UNALM - Lima, Perú. pp. 9-12.
- SINCLAIR, T. R.; TANNER, C. B.; BENNETT, J. M. 1984. Water-use efficiency in crop production. *BioScience*, 34: 36-40.
- SIMONNEAU, T. AND TARDIEU, F. 1998. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of experimental botany*, 49: 419-432.
- SLAFER, G. A. AND RAWSON, H. M. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. *Aust. J. Plant Physiol*, 21: 393-426.
- STOLL, M.; LOVEYS. B. AND DRY, P. 2000. Hormonal changes induced by partial root zone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot*, 51: 1627-1634.
- STRINGHAM, G. E. AND KELLER, J. 1979. Surge flow for automatic irrigation. ASCE Irrigation and drainage division specialty conference, Albuquerque. NM. pp. 132-142.
- TAIZ, L. AND ZEIGER, E. 2002. *Plant Physiology*. 3 ed. Capítulo 25, pp. 591-602.

- TAMBUSSI, E. A. 2004. Fotosíntesis, foto protección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio. Memoria presentada para optar al grado de Doctor en Biología. Universidad de Barcelona. España. 203 p.
- VAN DER ZAAG, D. 1990. La papa y su cultivo en los países bajos. Publicado por el Instituto Consultivo Holandés. pp. 208.
- VÁSQUEZ, E. 2003. Influencia de los Factores Ambientales en la Predicción del Comportamiento de los Clones de Papa para la Costa del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. pp 102.
- VÁSQUEZ, V. A. Y CHANG, N. L. 1992. El riego, principios básicos. Lima, Perú. 160 pp.
- VÁSQUEZ, V. A; VÁSQUEZ, R I; VÁSQUEZ, R. C; CAÑAMERO, L. M. 2017. Fundamentos de la ingeniería de riego. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 438 p.
- VILAS, B y Marció. 2002. Hidráulica da irrigacao por superficie. Universidad Oeste do Panamá. Brasil.
- VILLAGARCÍA, S. 1990. Resultados de Ensayos de campo sobre Fertilización y Nutrición Mineral en el cultivo de Papa. UNALM- CIP. Lima, Perú.
- VOISIN, A. 1984. Leyes Científicas en la Aplicación de los Abonos .Universidad Técnica de las Filipinas. Madrid, España. pp. 54-59.
- VUELVAS, M. 2014. Métodos de riego en trigo. Recuperado: 27 de febrero del 2014 de www.agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/223-metodos-de-riego-en-trigo?fontstyle=f-larger.
- YACTAYO, W; RAMIREZ, D. A; GERMAN, T; WORKU, A; ABED, A; HARAHAGAZWE, D; MARES, V; DE MENDIBURU, F; QUIROZ, R. 2017. Improving potato cultivation using siphons for partial root-zone drying irrigation: A case study in the Blue Nile river basin, Ethiopia. pp. 255-259.
- ZHANG, J. AND TARDIEU. F. 1996. Relative contribution of ápices and mature tissues to ABA synthesis in droughted maize root system. *Plant and Cell Physiology*, 37: 598-605

VIII. ANEXOS

ANEXO 01

Planilla de riego etapa no experimental

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO												
Provincia :		Lima			Ln (inicio):		9.36 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina			Ln (fin):		4.68 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar :		-			Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua	
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)
24-jun	0	Siem. y Fert.	2.63	0.8	2.10	0.5	1.05				9.36	8.31
25-jun	1		1.61	0.8	1.28	0.5	0.64				8.31	7.67
26-jun	2		1.61	0.8	1.28	0.5	0.64				7.67	7.02
27-jun	3		1.53	0.8	1.22	0.5	0.61				7.02	6.41
28-jun	4		0.65	0.8	0.52	0.5	0.26				6.41	6.15
29-jun	5		1.78	0.8	1.42	0.5	0.71				6.15	5.44
30-jun	6	1° Riego	1.15	0.8	0.92	0.5	0.46		3.92	9.79	9.36	8.90
01-jul	7		1.66	0.8	1.33	0.5	0.66				8.90	8.23
02-jul	8		1.40	0.8	1.12	0.5	0.56				8.23	7.67
03-jul	9		1.40	0.8	1.12	0.5	0.56				7.67	7.11
04-jul	10		1.96	0.8	1.57	0.5	0.78				7.11	6.33
05-jul	11		1.96	0.8	1.57	0.5	0.78				6.33	5.55
06-jul	12		1.91	0.8	1.52	0.5	0.76				5.55	4.78
07-jul	13	2° Riego	1.91	0.8	1.52	0.5	0.76		4.57	11.44	9.36	8.60
08-jul	14		1.40	0.8	1.12	0.5	0.56				8.60	8.03
09-jul	15		1.40	0.8	1.12	0.5	0.56				8.03	7.47
10-jul	16		1.40	0.8	1.12	0.5	0.56				7.47	6.91
11-jul	17		1.78	0.8	1.42	0.5	0.71				6.91	6.20
12-jul	18		1.78	0.8	1.42	0.5	0.71				6.20	5.49
13-jul	19		1.87	0.8	1.49	0.5	0.75				5.49	4.74

Continuación

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO												
Provincia :		Lima			Ln (inicio):		18.72 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina			Ln (fin):		9.36 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar. :		-			Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua	
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)
14-jul	20	3° Riego	1.87	0.8	1.19	1.15	1.37		13.97	34.93	18.72	17.35
15-jul	21		0.57	0.8	0.46	1.15	0.52				17.35	16.82
16-jul	22		3.65	0.8	1.52	1.15	1.75				16.82	15.08
17-jul	23		3.65	0.8	1.71	1.15	1.97				15.08	13.11
18-jul	24		1.48	0.8	1.18	1.15	1.36				13.11	11.75
19-jul	25		1.73	0.8	1.01	1.15	1.16				11.75	10.59
20-jul	26		1.19	0.8	0.95	1.15	1.09				10.59	9.49
21-jul	27	4° Riego	1.58	0.8	1.26	1.15	1.45		9.23	23.06	18.72	17.26
22-jul	28		1.76	0.8	1.41	1.15	1.62				17.26	15.64
23-jul	29		1.28	0.8	1.02	1.15	1.18				15.64	14.47
24-jul	30		1.76	0.8	1.41	1.15	1.62				14.47	12.85
25-jul	31		1.01	0.8	0.81	1.15	0.93				12.85	11.92
26-jul	32		1.50	0.8	1.20	1.15	1.38				11.92	10.54
27-jul	33	Apor y ferti.	1.23	0.8	0.98	1.15	1.13				10.54	9.41
28-jul	34	5° Riego	2.01	0.8	1.61	1.15	1.85		9.31	23.28	18.72	16.87
29-jul	35		1.12	0.8	0.90	1.15	1.03				16.87	15.84
30-jul	36		1.06	0.8	0.85	1.15	0.98				15.84	14.86
31-jul	37		1.49	0.8	1.19	1.15	1.37				14.86	13.49
01-ago	38		1.27	0.8	1.02	1.15	1.17				13.49	12.32
02-ago	39		1.19	0.8	0.95	1.15	1.09				12.32	11.22
03-ago	40		1.95	0.8	1.56	1.15	1.79				11.22	9.43

Continuación

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO												
Provincia :		Lima			Ln (inicio):		18.72 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina			Ln (fin):		9.36 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar. :		-			Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua	
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)
04-ago	41	6° Riego	0.53	0.8	0.42	1.15	0.48		9.29	23.21	18.72	18.23
05-ago	42		0.53	0.8	0.42	1.15	0.48				18.23	17.75
06-ago	43		0.15	0.8	0.12	1.15	0.14				17.75	17.61
07-ago	44		0.15	0.8	0.12	1.15	0.14				17.61	17.47
08-ago	45		2.05	0.8	1.64	1.15	1.88				17.47	15.59
09-ago	46		2.05	0.8	1.64	1.15	1.88				15.59	13.71
10-ago	47		0.95	0.8	0.76	1.15	0.87				13.71	12.84
11-ago	48	7° Riego	0.19	0.8	0.15	1.15	0.17		5.88	14.70	18.72	18.54
12-ago	49		2.12	0.8	1.70	1.15	1.95				18.54	16.59
13-ago	50		1.14	0.8	0.91	1.15	1.05				16.59	15.54
14-ago	51		2.12	0.8	1.70	1.15	1.95				15.54	13.59
15-ago	52		1.27	0.8	1.02	1.15	1.17				13.59	12.42
16-ago	53		2.37	0.8	1.90	1.15	2.18				12.42	10.24
17-ago	54		0.50	0.8	0.40	1.15	0.46				10.24	9.78
18-ago	55	8° Riego	0.50	0.8	0.40	1.15	0.46		8.93	22.33	18.72	18.26
19-ago	56		2.04	0.8	1.63	1.15	1.88				18.26	16.38
20-ago	57		1.62	0.8	1.30	1.15	1.49				16.38	14.89
21-ago	58		2.04	0.8	1.63	1.15	1.88				14.89	13.01
22-ago	59		1.38	0.8	1.10	1.15	1.27				13.01	11.74
23-ago	60		1.14	0.8	0.91	1.15	1.05				11.74	10.69
24-ago	61		0.73	0.8	0.58	1.15	0.67				10.69	10.02

ANEXO 02

Planilla de riego etapa experimental

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO													
Provincia :		Lima				Ln (inicio):		18.72 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina				Ln (fin):		9.36 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar :		-				Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua		
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)	
25-ago	62	9° Riego	0.73	0.8	0.58	1.15	0.67		27.41	68.52	37.43	36.76	
26-ago	63		2.44	0.8	1.95	1.15	2.24				36.76	34.52	
27-ago	64		1.85	0.8	1.48	1.15	1.70				34.52	32.82	
28-ago	65		1.85	0.8	1.48	1.15	1.70				32.82	31.12	
29-ago	66		1.85	0.8	1.48	1.15	1.70				31.12	29.42	
30-ago	67		1.70	0.8	1.36	1.15	1.56				29.42	27.85	
31-ago	68		1.70	0.8	1.36	1.15	1.56				27.85	26.29	
01-sep	69	10° Riego	3.02	0.8	2.42	1.15	2.78		6.53	16.31	37.43	34.65	
02-sep	70		1.29	0.8	1.03	1.15	1.18				34.65	33.47	
03-sep	71		1.29	0.8	1.03	1.15	1.18				33.47	32.29	
04-sep	72		1.29	0.8	1.03	1.15	1.18				32.29	31.10	
05-sep	73		2.61	0.8	2.09	1.15	2.40				31.10	28.70	
06-sep	74		2.61	0.8	2.09	1.15	2.40				28.70	26.29	
07-sep	75		2.61	0.8	2.09	1.15	2.40				26.29	23.89	
08-sep	76	11° Riego	1.99	0.8	1.59	1.15	1.83		13.54	33.86	37.43	35.60	
09-sep	77		0.15	0.8	0.12	1.15	0.14				35.60	35.46	
10-sep	78		1.74	0.8	1.39	1.15	1.60				35.46	33.87	
11-sep	79		1.74	0.8	1.39	1.15	1.60				33.87	32.27	
12-sep	80		0.31	0.8	0.25	1.15	0.29				32.27	31.99	
13-sep	81		0.31	0.8	0.25	1.15	0.29				31.99	31.70	
14-sep	82		0.49	0.8	0.39	1.15	0.45				31.70	31.25	

Continuación

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO												
Provincia :		Lima			Ln (inicio):		18.72 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina			Ln (fin):		9.36 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar :		-			Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua	
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)
15-sep	83	12° Riego	2.52	0.8	2.01	1.15	2.32		6.18	15.46	37.43	35.12
16-sep	84		2.52	0.8	2.01	1.15	2.32				35.12	32.80
17-sep	85		2.52	0.8	2.01	1.15	2.32				32.80	30.48
18-sep	86		2.52	0.8	2.01	1.15	2.32				30.48	28.17
19-sep	87		1.48	0.8	1.18	1.15	1.36				28.17	26.81
20-sep	88		0.80	0.8	0.64	1.15	0.74				26.81	26.07
21-sep	89		1.51	0.8	1.21	1.15	1.39				26.07	24.68
22-sep	90	13° Riego	1.46	0.8	1.17	1.15	1.34		12.75	31.88	37.43	36.09
23-sep	91		1.71	0.8	1.37	1.15	1.57				36.09	34.52
24-sep	92		1.35	0.8	1.08	1.15	1.24				34.52	33.27
25-sep	93		1.30	0.8	1.04	1.15	1.20				33.27	32.08
26-sep	94		1.89	0.8	1.51	1.15	1.74				32.08	30.34
27-sep	95		0.78	0.8	0.62	1.15	0.72				30.34	29.62
28-sep	96		1.78	0.8	1.42	1.15	1.64				29.62	27.98
29-sep	97	14° Riego	1.38	0.8	1.10	1.15	1.27		9.45	23.62	37.43	36.16
30-sep	98		1.76	0.8	1.41	1.15	1.62				36.16	34.54
01-oct	99		2.00	0.8	1.60	1.15	1.84				34.54	32.70
02-oct	100		1.45	0.8	1.16	1.15	1.33				32.70	31.37
03-oct	101		1.72	0.8	1.38	0.65	0.89				31.37	30.47
04-oct	102		1.14	0.8	0.91	0.65	0.59				30.47	29.88
05-oct	103		2.25	0.8	1.80	0.65	1.17				29.88	28.71

Continuación

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO												
Provincia :		Lima			Ln (inicio):		18.72 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina			Ln (fin):		9.36 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar. :		-			Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua	
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)
06-oct	104	15° Riego	1.89	0.8	1.51	0.65	0.98		8.72	21.80	37.43	36.45
07-oct	105		1.71	0.8	1.37	0.65	0.89				36.45	35.56
08-oct	106		1.66	0.8	1.33	0.65	0.86				35.56	34.70
09-oct	107		1.79	0.8	1.43	0.65	0.93				34.70	33.77
10-oct	108		1.92	0.8	1.54	0.65	1.00				33.77	32.77
11-oct	109		1.71	0.8	1.37	0.65	0.89				32.77	31.88
12-oct	110		1.69	0.8	1.35	0.65	0.88				31.88	31.00
13-oct	111	16° Riego	2.12	0.8	1.70	0.65	1.10		6.43	16.08	37.43	36.33
14-oct	112		1.99	0.8	1.59	0.65	1.03				36.33	35.29
15-oct	113		1.23	0.8	0.98	0.65	0.64				35.29	34.66
16-oct	114		1.78	0.8	1.42	0.65	0.93				34.66	33.73
17-oct	115		1.38	0.8	1.10	0.65	0.72				33.73	33.01
18-oct	116		1.76	0.8	1.41	0.65	0.92				33.01	32.10
19-oct	117		1.90	0.8	1.52	0.65	0.99				32.10	31.11
20-oct	118	17° Riego	3.05	0.8	2.44	0.65	1.59		6.32	15.81	37.43	35.85
21-oct	119		0.53	0.8	0.42	0.65	0.27				35.85	35.57
22-oct	120		1.91	0.8	1.52	0.65	0.99				35.57	34.58
23-oct	121		1.40	0.8	1.12	0.65	0.73				34.58	33.85
24-oct	122		1.44	0.8	1.15	0.65	0.75				33.85	33.10
25-oct	123		1.40	0.8	1.12	0.65	0.73				33.10	32.37
26-oct	124		1.78	0.8	1.42	0.65	0.93				32.37	31.45

Continuación

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO												
Provincia :		Lima			Ln (inicio):		18.72 mm		Eficiencia:		40%	
Distrito :		La Molina			Ln (fin):		9.36 mm		Fecha siembra:		24/06/2017	
Lugar. :		-			Cultivo		Papa		Responsable		José Noel Condori C.	
Fecha	Dds	Actividad	Ev. tanque (mm)	Kp	Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Ganancia de agua (mm)			Consumo de agua	
								Lluvia	Riego necesario	Riego a aplicar	Ln inicio (mm)	Ln final (mm)
27-oct	125	18° Riego	1.55	0.8	1.24	0.65	0.81		5.98	14.96	37.43	36.63
28-oct	126		1.52	0.8	1.22	0.65	0.79				36.63	35.84
29-oct	127		1.85	0.8	1.48	0.65	0.96				35.84	34.87
30-oct	128		1.68	0.8	1.34	0.65	0.87				34.87	34.00
31-oct	129		1.39	0.8	1.11	0.65	0.72				34.00	33.28
01-nov	130		2.71	0.8	2.17	0.65	1.41				33.28	31.87
02-nov	131		2.13	0.8	1.70	0.65	1.11				31.87	30.76
03-nov	132		1.65	0.8	1.32	0.65	0.86				30.76	29.90
04-nov	133		1.78	0.8	1.42	0.65	0.93				29.90	28.98

ANEXO 03

Tiempos de apertura y cierre del Riego Intermitente.

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 3 – Segundo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.25	0	0	40.32
10	1	45	1.75	1	15	10.50	1	3	41.37
20	3	48	3.80	2	36	13.10	1	51	43.22
30				4	49	17.92	3	42	46.92
40				7	11	25.10	5	21	52.27
50							7	51	60.12
60							9	49	69.93

Tiempo apertura 3.80

Tiempo de cierre 5.45

Tiempo de avance 20.80

Tiempo remojo 45.00

Tiempo riego 60.80

7.18

15.22

9.82

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 4 – Segundo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.70	0	0	44.62
10	2	2	2.03	1	15	11.95	0	50	45.45
20	4	21	4.35	3	53	15.83	3	21	48.80
30				5	55	21.75	4	24	53.20
40				7	25	29.17	6	10	59.37
50							8	29	67.85
60							11	25	79.27

Tiempo apertura 4.35

Tiempo de cierre 6.35

Tiempo de avance 23.18

Tiempo remojo 45.00

Tiempo riego 68.18

7.42

15.45

11.42

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 1 – Sexto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.67	0	0	46.62
10	2	12	2.20	1	48	12.47	1	21	47.97
20	4	45	4.75	3	18	15.77	2	21	50.32
30				5	45	21.52	4	36	54.92
40				8	31	30.03	6	9	61.07
50							9	2	70.10
60							12	34	82.67

Tiempo apertura 4.75 8.52 12.57
Tiempo de cierre 5.92 16.58
 Tiempo de avance 25.83
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 70.83

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 2 – Sexto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.43	0	0	46.72
10	1	55	1.92	1	21	11.78	0	51	47.57
20	4	2	4.03	3	24	15.18	1	52	49.43
30				6	15	21.43	3	46	53.20
40				8	26	29.87	5	42	58.90
50							8	29	67.38
60							11	32	78.92

Tiempo apertura 4.03 8.43 11.53
Tiempo de cierre 6.40 16.85
 Tiempo de avance 24.00
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 69.00

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 1 – Noveno riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	8.85	0	0	40.82
10	2	35	2.58	1	32	10.38	1	5	41.90
20	3	55	3.92	2	18	12.68	1	17	43.18
30				5	32	18.22	4	2	47.22
40				7	58	26.18	6	10	53.38
50							8	57	62.33
60							11	34	73.90

Tiempo apertura 3.92
Tiempo de cierre 4.93
 Tiempo de avance 23.45
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 68.45

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 2 – Noveno riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	8.50	0	0	39.07
10	1	55	1.92	1	12	9.70	0	53	39.95
20	3	35	3.58	2	23	12.08	1	24	41.35
30				4	35	16.67	3	2	44.38
40				6	52	23.53	5	13	49.60
50							8	34	58.17
60							11	35	69.75

Tiempo apertura 3.58
Tiempo de cierre 4.92
 Tiempo de avance 22.03
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 67.03

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 5 – Noveno riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.50	0	0	45.52
10	2	21	2.35	1	42	12.20	1	4	46.58
20	4	35	4.58	3	2	15.23	2	0	48.58
30				5	58	21.20	3	52	52.45
40				7	52	29.07	5	27	57.90
50							9	2	66.93
60							11	52	78.80

Tiempo apertura 4.58 7.87 11.87
Tiempo de cierre 5.92 16.45
 Tiempo de avance 24.32
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 69.32

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 6 – Noveno riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.00	0	0	42.23
10	2	32	2.53	1	42	10.70	1	15	43.48
20	4	0	4.00	2	35	13.28	2	3	45.53
30				5	23	18.67	4	5	49.62
40				8	13	26.88	5	52	55.48
50							9	36	65.08
60							11	32	76.62

Tiempo apertura 4.00 8.22 11.53
Tiempo de cierre 5.00 15.35
 Tiempo de avance 23.75
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 68.75

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 5 – Decimo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.42	0	0	44.95
10	2	5	2.08	1	26	10.85	0	56	45.88
20	4	23	4.38	3	21	14.20	2	2	47.92
30				5	58	20.17	4	20	52.25
40				8	12	28.37	6	27	58.70
50							9	52	68.57
60							13	34	82.13

Tiempo apertura 4.38
Tiempo de cierre 5.03 8.20 16.58 13.57
 Tiempo de avance 26.15
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 71.15

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 6 – Decimo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.70	0	0	42.18
10	2	35	2.58	1	45	11.45	1	11	43.37
20	4	21	4.35	3	55	15.37	2	32	45.90
30				4	24	19.77	3	55	49.82
40				7	2	26.80	5	52	55.68
50							9	24	65.08
60							11	32	76.62

Tiempo apertura 4.35
Tiempo de cierre 5.35 7.03 15.38 11.53
 Tiempo de avance 22.92
Tiempo remojo 45.00
Tiempo riego 67.92

ANEXO 04

Tiempos de apertura y cierre del riego parcial de la zona de raíces con intermitencia

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 1 – Tercer riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.22	0	0	39.53
10	1	45	1.75	1	1	10.23	0	55	40.45
20	4	1	4.02	3	4	13.30	2	27	42.90
30				5	49	19.12	4	36	47.50
40				7	13	26.33	6	12	53.70
50							9	23	63.08
60							11	1	74.10

Tiempo de apertura 4.02 7.22 11.02
Tiempo de cierre 5.20 13.20
 Tiempo de avance 22.25
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 67.25

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 3 – Tercer riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.77	0	0	43.15
10	2	11	2.18	1	52	11.63	1	3	44.20
20	4	25	4.42	3	1	14.65	2	32	46.73
30				5	59	20.63	3	58	50.70
40				7	29	28.12	5	54	56.60
50							8	12	64.80
60							11	16	76.07

Tiempo de apertura 4.42 7.48 11.27
Tiempo de cierre 5.35 15.03
 Tiempo de avance 23.17
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 68.17

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 5 – Tercer riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.47	0	0	41.52
10	1	43	1.72	1	11	11.65	0	53	42.40
20	3	53	3.88	3	5	14.73	2	23	44.78
30				6	2	20.77	4	67	49.90
40				8	12	28.97	7	9	57.05
50							9	55	66.97
60							11	25	78.38

Tiempo de apertura 3.88 8.20 11.42
Tiempo de cierre 6.58 12.55
 Tiempo de avance 23.50
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 68.50

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 2 – Cuarto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.12	0	0	43.13
10	3	3	3.05	2	44	11.85	2	12	45.33
20	4	55	4.92	4	5	15.93	3	41	49.02
30				6	49	22.75	5	57	54.97
40				8	55	31.67	8	2	63.00
50							10	23	73.38
60							12	12	85.58

Tiempo de apertura 4.92 8.92 12.20
Tiempo de cierre 4.20 11.47
 Tiempo de avance 26.03
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 71.03

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 4 – Cuarto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.58	0	0	41.83
10	2	37	2.62	1	44	12.32	0	55	42.75
20	4	58	4.97	3	51	16.17	2	31	45.27
30				5	25	21.58	4	12	49.47
40				8	21	29.93	6	43	56.18
50							9	48	65.98
60							12	26	78.42

Tiempo de apertura 4.97 8.35 12.43
Tiempo de cierre 5.62 11.90
 Tiempo de avance 25.75
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 70.75

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 6 – Cuarto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.08	0	0	44.03
10	2	15	2.25	1	44	11.82	1	21	45.38
20	4	3	4.05	3	23	15.20	2	53	48.27
30				6	26	21.63	4	24	52.67
40				9	1	30.65	8	24	61.07
50							10	23	71.45
60							12	30	83.95

Tiempo de apertura 4.05 9.02 12.50
Tiempo de cierre 6.03 13.38
 Tiempo de avance 25.57
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 70.57

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 5 – Quinto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.83	0	0	39.22
10	1	39	1.65	1	25	12.25	1	2	40.25
20	3	53	3.88	2	55	15.17	2	12	42.45
30				5	28	20.63	4	57	47.40
40				8	6	28.73	6	10	53.57
50							9	1	62.58
60							11	46	74.35

Tiempo de apertura 3.88 8.10 11.77
Tiempo de cierre 6.95 10.48
 Tiempo de avance 23.75
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 68.75

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 2 – Sexto riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.53	0	0	43.05
10	1	48	1.80	1	27	11.98	1	12	44.25
20	4	21	4.35	3	52	15.85	3	36	47.85
30				5	29	21.33	4	42	52.55
40				8	16	29.60	7	29	60.03
50							9	46	69.80
60							11	29	81.28

Tiempo de apertura 4.35 8.27 11.48
Tiempo de cierre 6.18 13.45
 Tiempo de avance 24.10
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 69.10

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 5 – Séptimo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.17	0	0	42.17
10	1	39	1.65	1	21	10.52	1	5	43.25
20	3	42	3.70	3	21	13.87	2	45	46.00
30				5	52	19.73	4	21	50.35
40				8	5	27.82	7	23	57.73
50							9	26	67.17
60							11	57	79.12

Tiempo de apertura 3.70 8.08 11.95
Tiempo de cierre 5.47 14.35
 Tiempo de avance 23.73
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 68.73

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 2 – Octavo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.40	0	0	47.40
10	2	57	2.95	2	11	11.58	1	45	49.15
20	5	0	5.00	3	42	15.28	2	57	52.10
30				6	18	21.58	4	42	56.80
40				9	21	30.93	7	3	63.85
50							9	57	73.80
60							11	12	85.00

Tiempo de apertura 5.00 9.35 11.20
Tiempo de cierre 4.40 16.47
 Tiempo de avance 25.55
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 70.55

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 4 – Octavo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	11.72	0	0	43.68
10	2	15	2.25	1	52	13.58	1	25	45.10
20	4	42	4.70	4	5	17.67	3	21	48.45
30				5	58	23.63	4	46	53.22
40				6	28	30.10	6	12	59.42
50							9	12	68.62
60							11	28	80.08

Tiempo de apertura 4.70 6.47 11.47
Tiempo de cierre 7.02 13.58
 Tiempo de avance 22.63
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 67.63

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 6 – Octavo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.22	0	0	40.42
10	1	55	1.92	1	35	10.80	1	12	41.62
20	3	48	3.80	3	25	14.22	2	52	44.48
30				5	47	20.00	5	2	49.52
40				7	56	27.93	6	24	55.92
50							8	45	64.67
60							11	24	76.07

Tiempo de apertura 3.80 7.93 11.40
Tiempo de cierre 5.42 12.48
 Tiempo de avance 23.13
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 68.13

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 5 – Noveno riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	9.27	0	0	40.47
10	2	23	2.38	1	52	11.13	1	11	41.65
20	4	24	4.40	3	36	14.73	3	10	44.82
30				6	12	20.93	5	21	50.17
40				8	57	29.88	8	21	58.52
50							10	23	68.90
60							12	29	81.38

Tiempo de apertura 4.40 8.95 12.48
Tiempo de cierre 4.87 10.58
 Tiempo de avance 25.83
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 70.83

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 2 – Decimo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	11.47	0	0	48.47
10	2	57	2.95	2	11	13.65	1	45	50.22
20	5	0	5.00	3	42	17.35	2	57	53.17
30				6	18	23.65	4	42	57.87
40				9	21	33.00	7	3	64.92
50							9	57	74.87
60							11	12	86.07

Tiempo de apertura 5.00 9.35 11.20
Tiempo de cierre 6.47 15.47
 Tiempo de avance 25.55
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 70.55

Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 4 – Decimo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.28	0	0	44.53
10	2	2	2.03	1	23	11.67	1	0	45.53
20	4	25	4.42	4	3	15.72	3	25	48.95
30				5	57	21.67	4	25	53.37
40				8	23	30.05	7	29	60.85
50							10	12	71.05
60							13	23	84.43

Tiempo de apertura 4.42 8.38 13.38
Tiempo de cierre 5.87 14.48
 Tiempo de avance 26.18
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 71.18

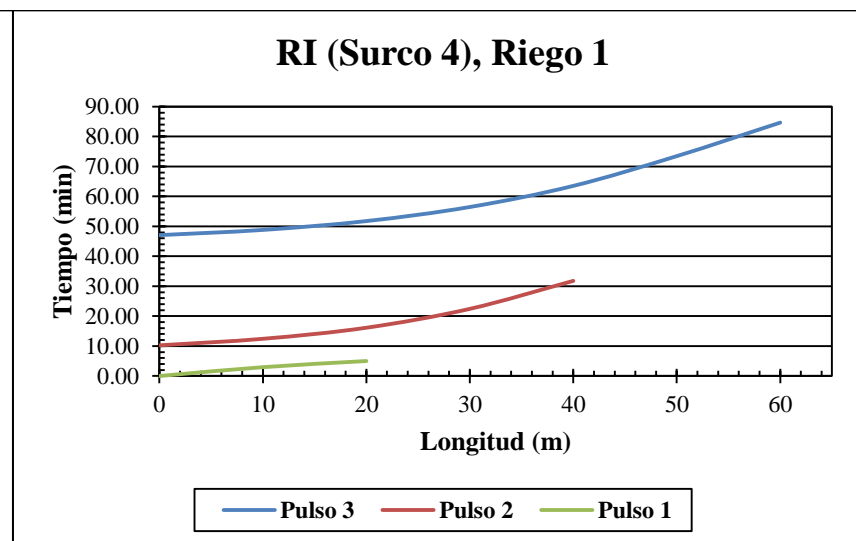
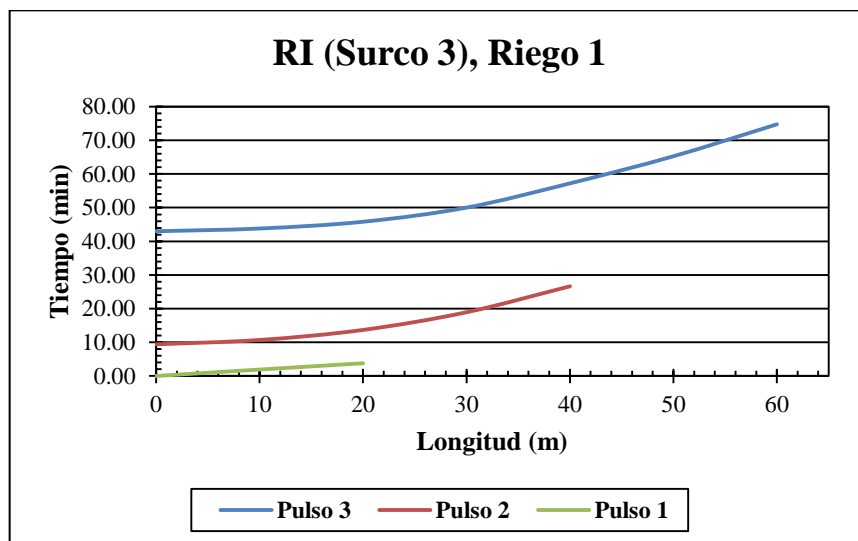
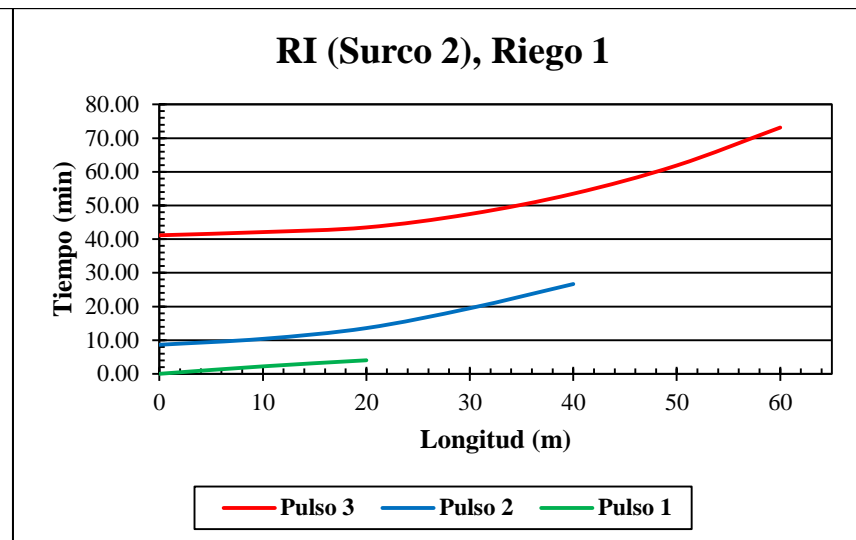
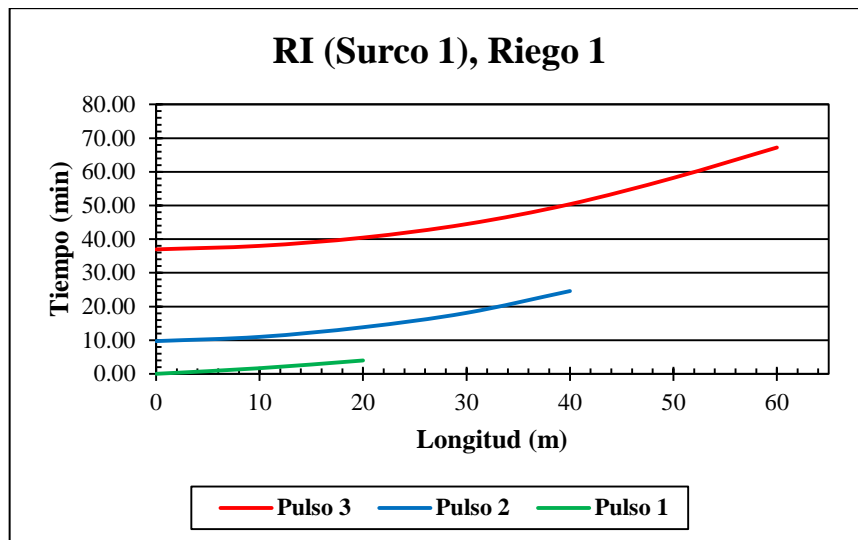
Longitud de avance (m)	Tiempo de llegada Surco 6 – Decimo riego experimental								
	Pulso 1			Pulso 2			Pulso 3		
	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado	Parcial		Acumulado
	min	seg		min	seg		min	seg	
0	0	0	0.00	0	0	10.78	0	0	45.73
10	2	34	2.57	1	42	12.48	1	24	47.13
20	4	23	4.38	3	45	16.23	3	25	50.55
30				5	51	22.08	4	29	55.03
40				7	42	29.78	6	24	61.43
50							8	55	70.35
60							10	23	80.73

Tiempo de apertura 4.38 7.70 10.38
Tiempo de cierre 6.40 15.95
 Tiempo de avance 22.47
Tiempo remojo 45
Tiempo riego 67.47

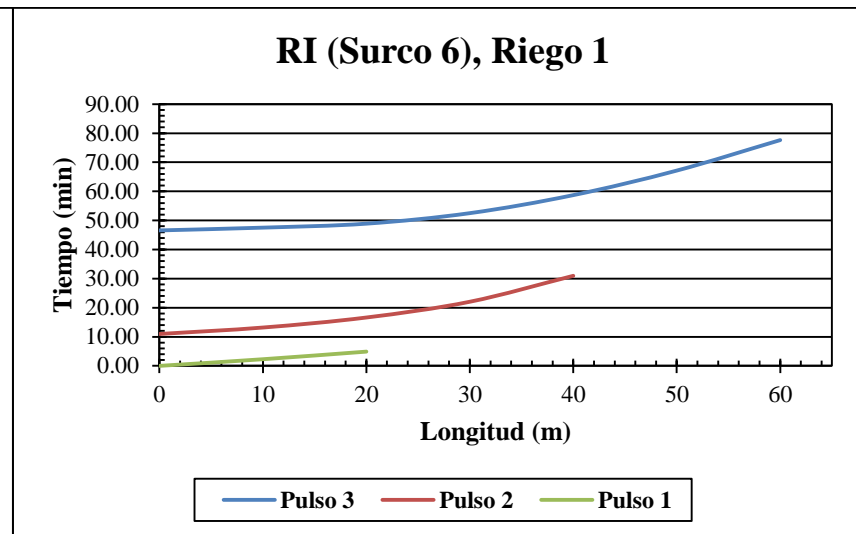
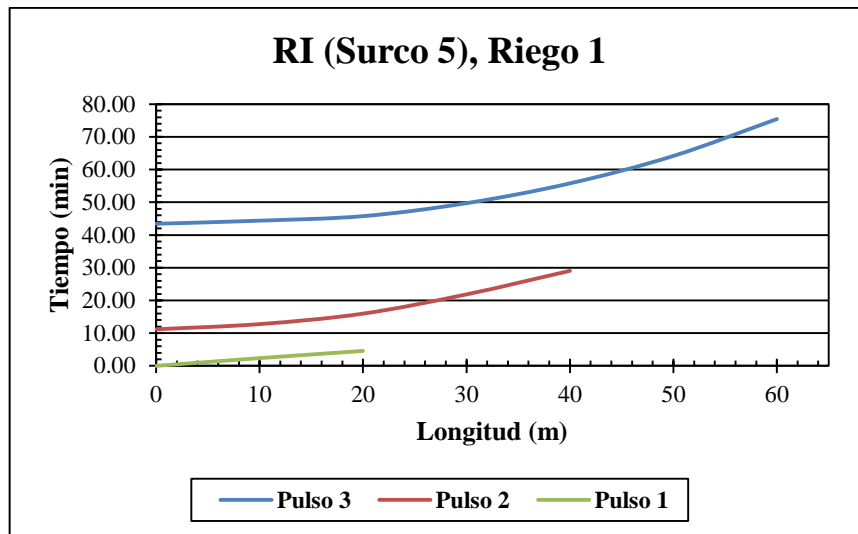
ANEXO 05

“Curvas de avance del tratamiento de riego intermitente”

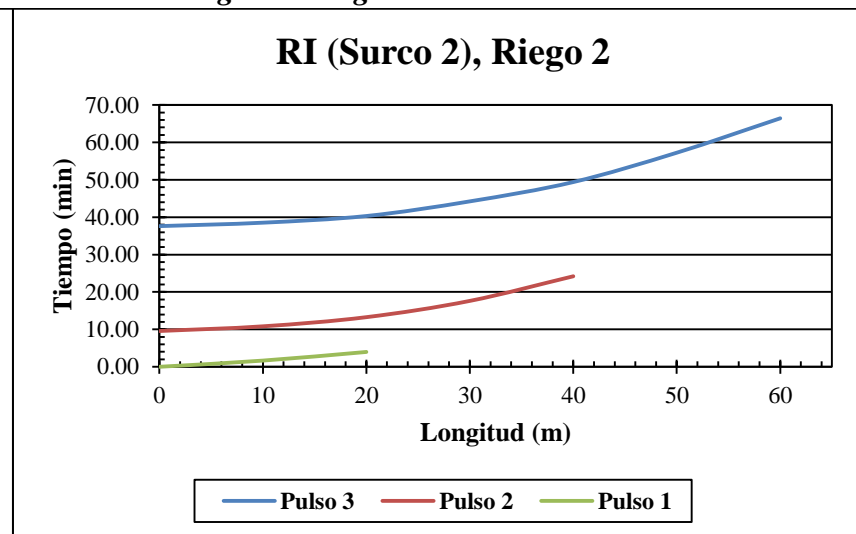
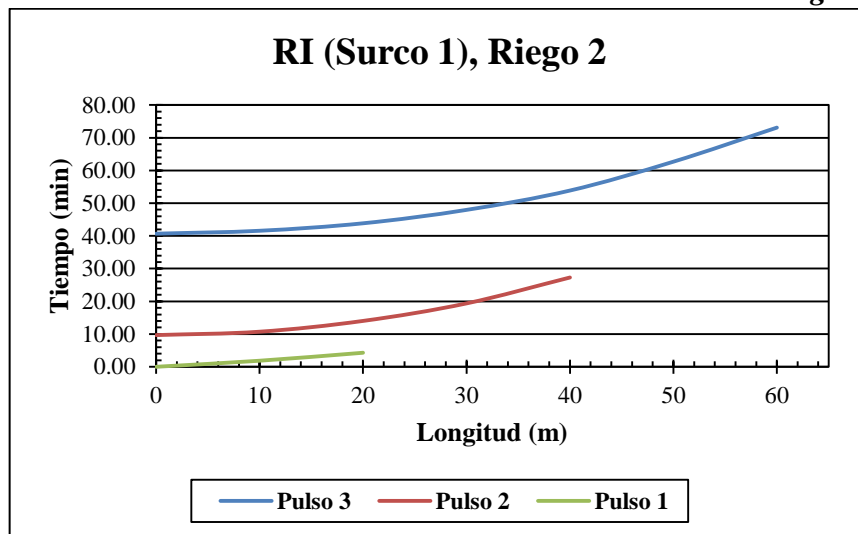
Curvas de avance del riego intermitente – Primer Riego.



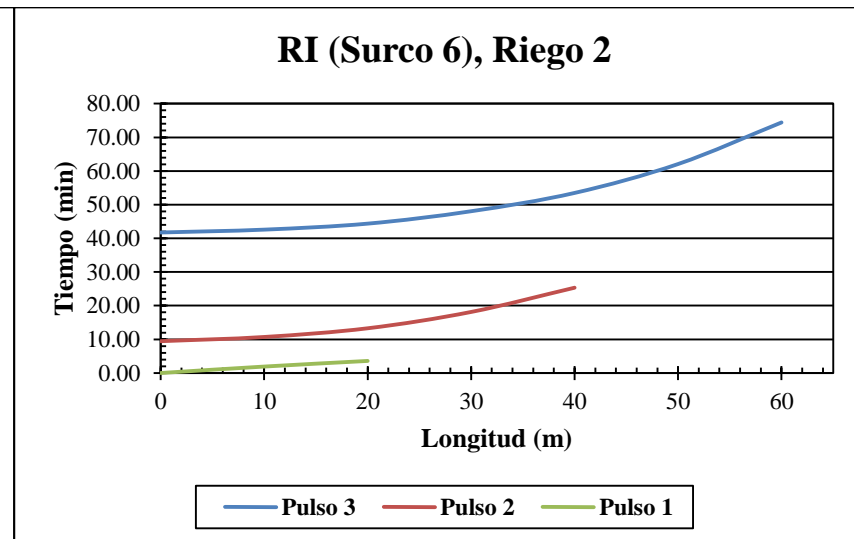
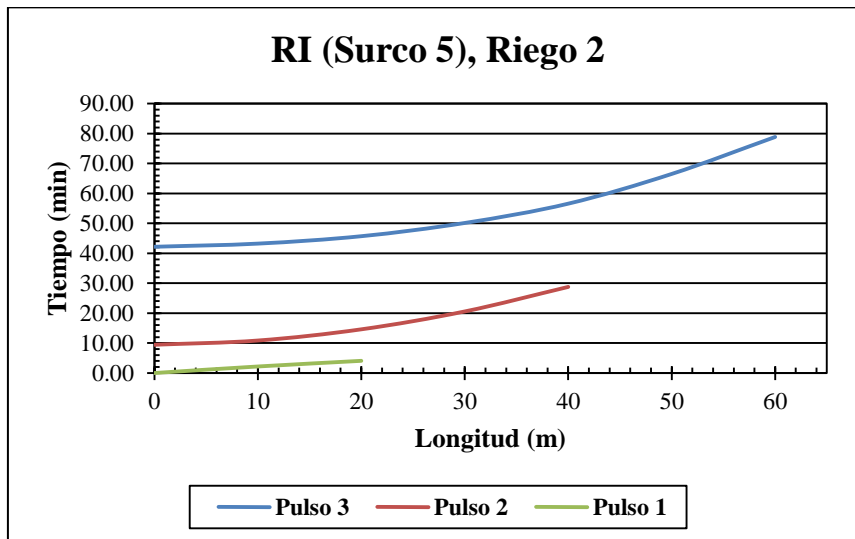
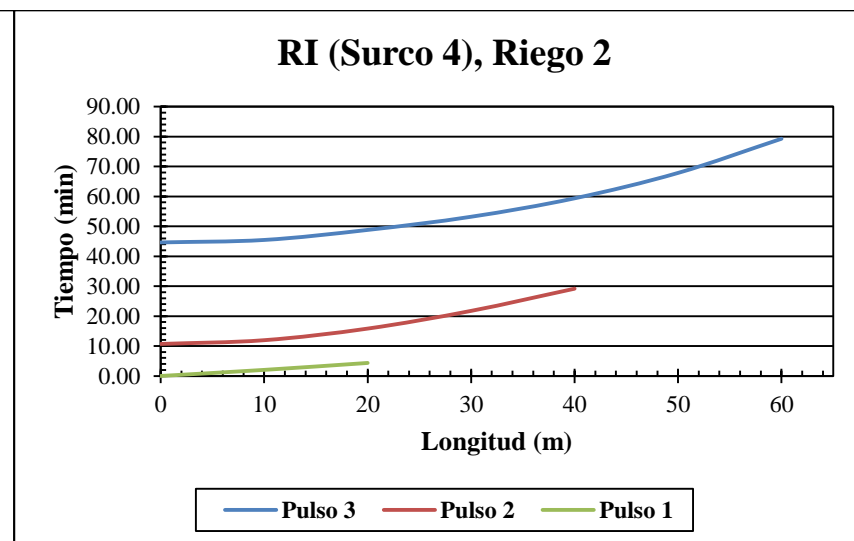
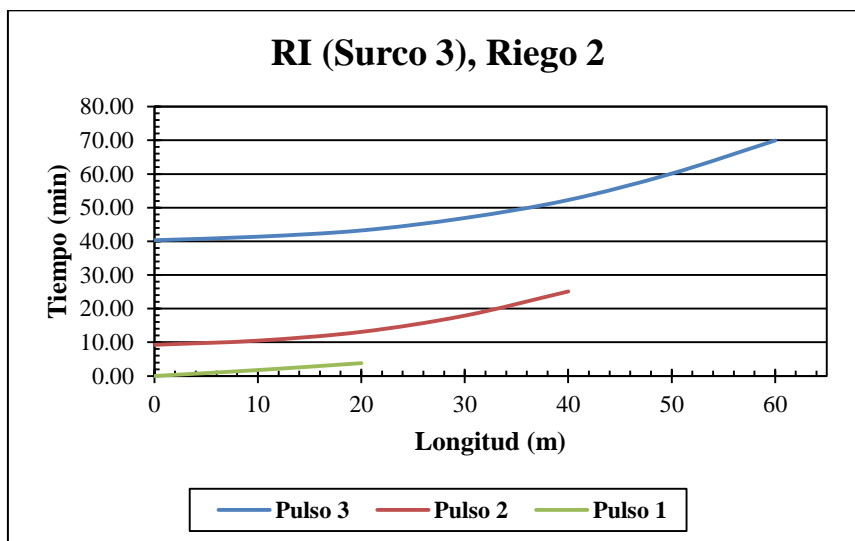
Continuación



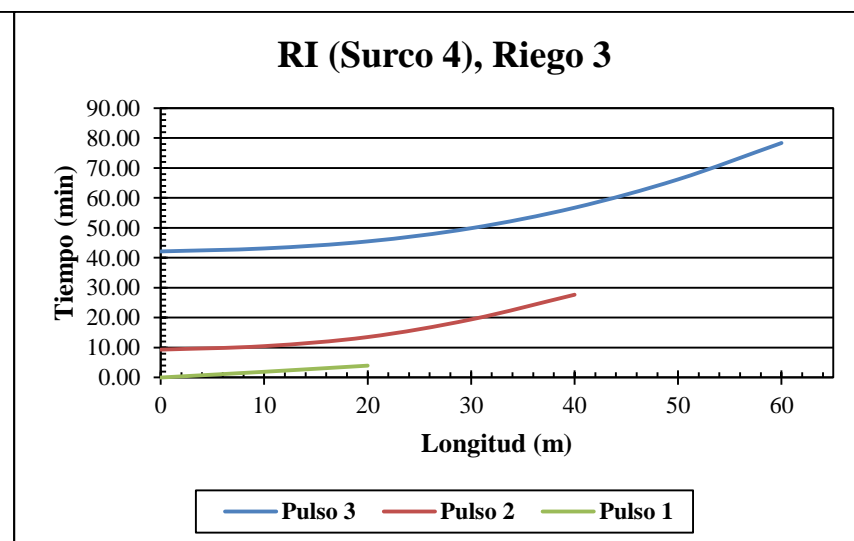
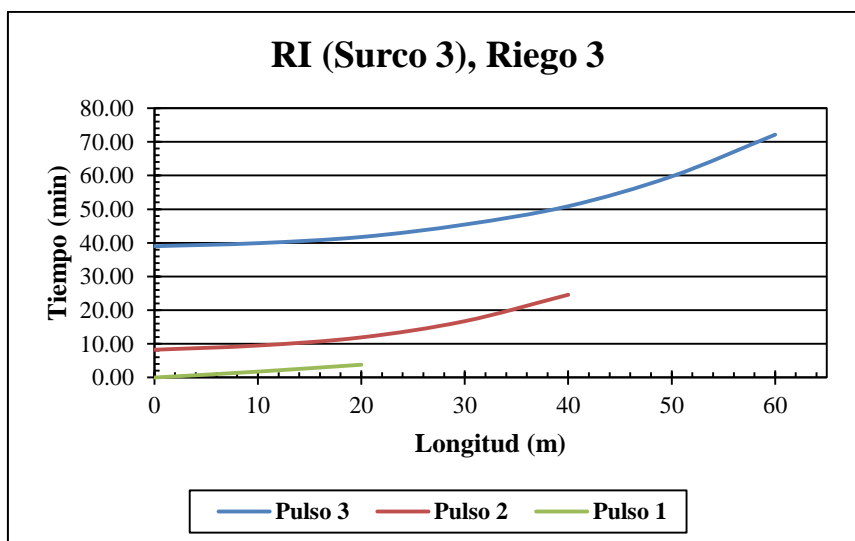
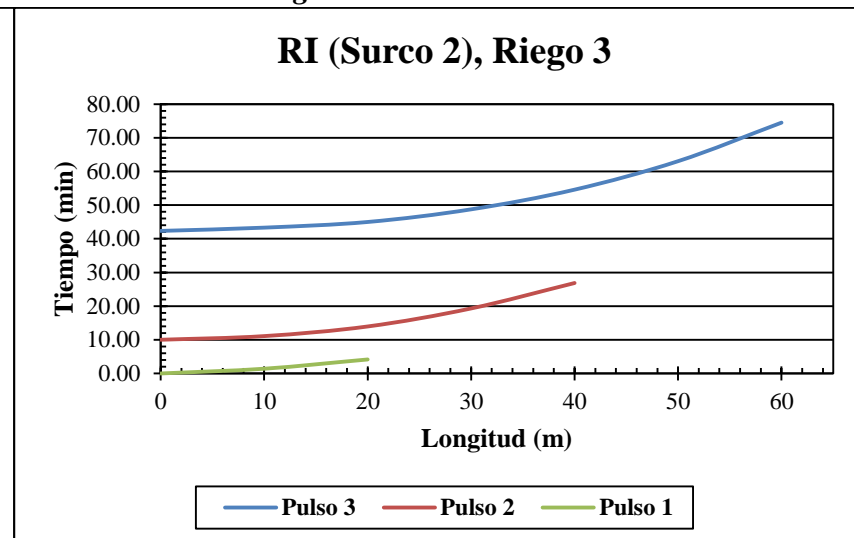
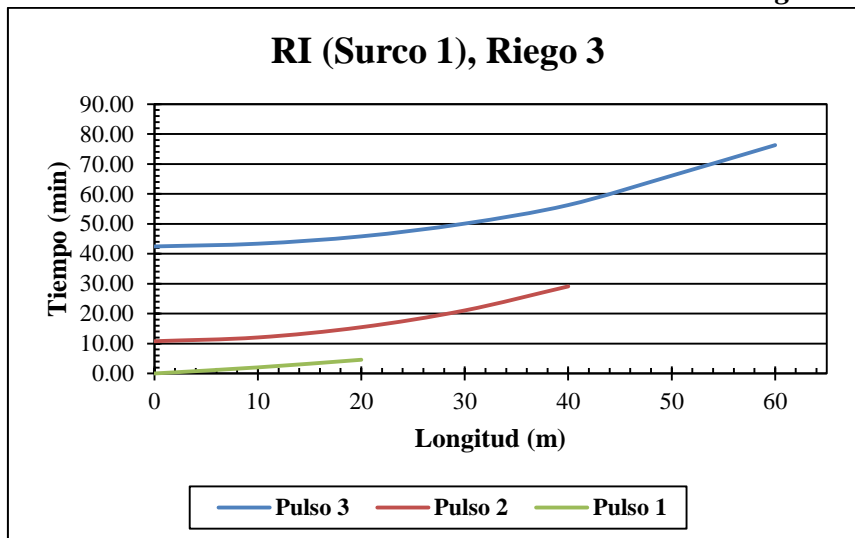
Curvas de avance del riego intermitente – Segundo Riego.



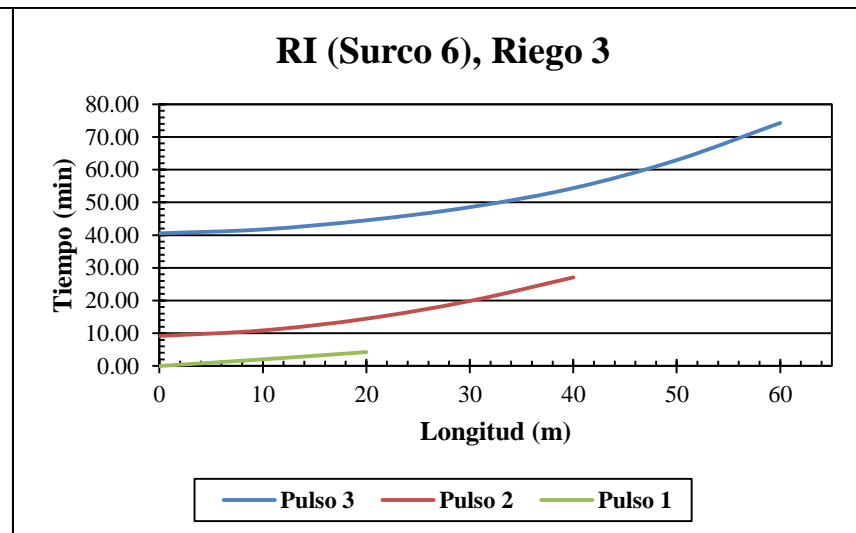
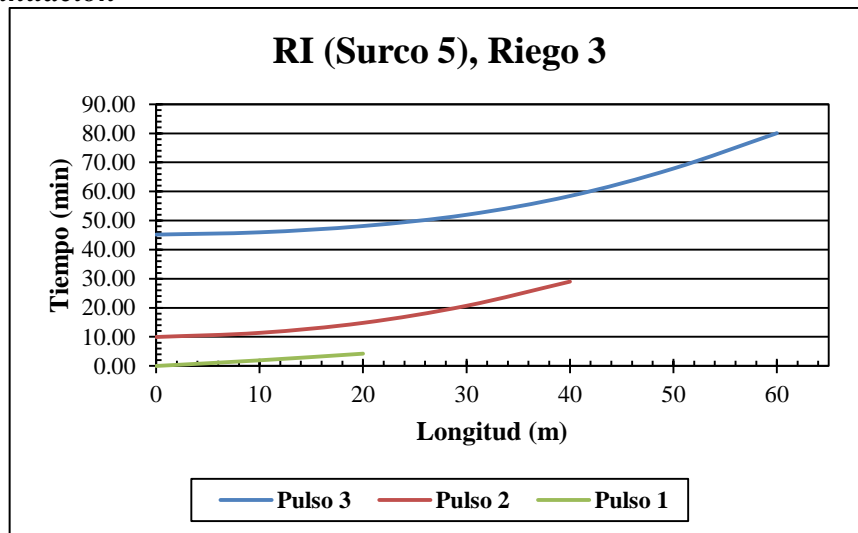
Continuación



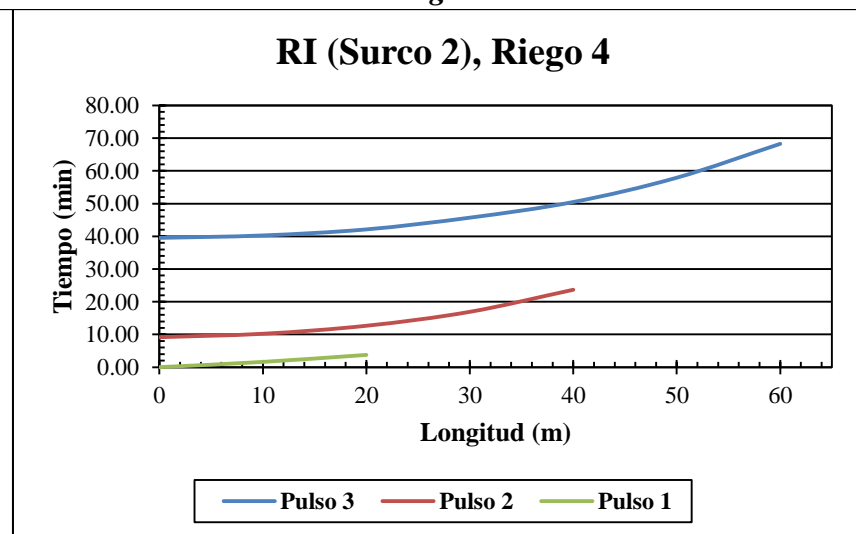
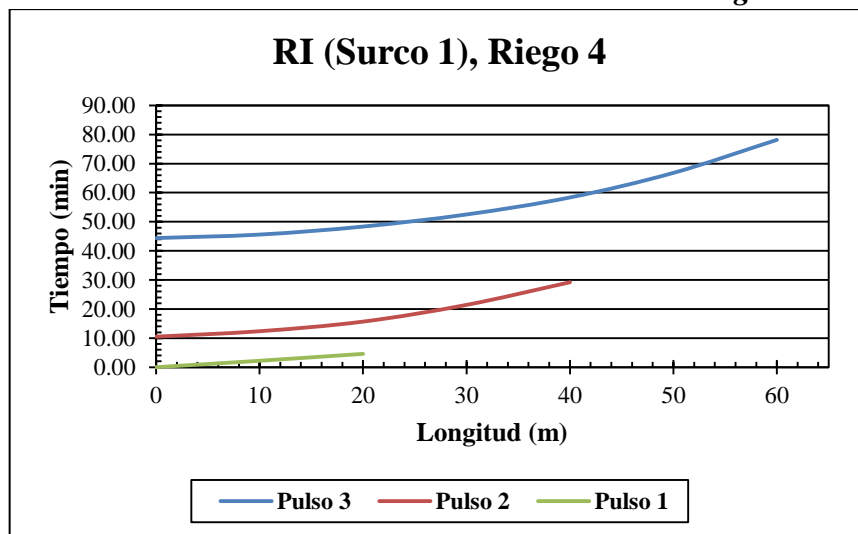
Curvas de avance del riego intermitente – Tercer Riego.



Continuación

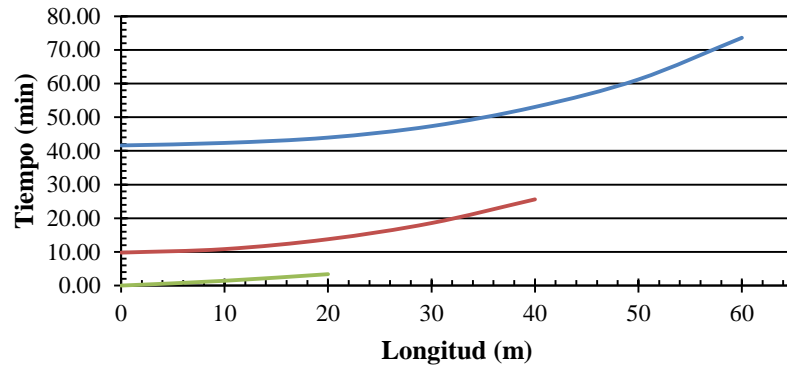


Curvas de avance del riego Intermitente Intermitente – Cuarto Riego.



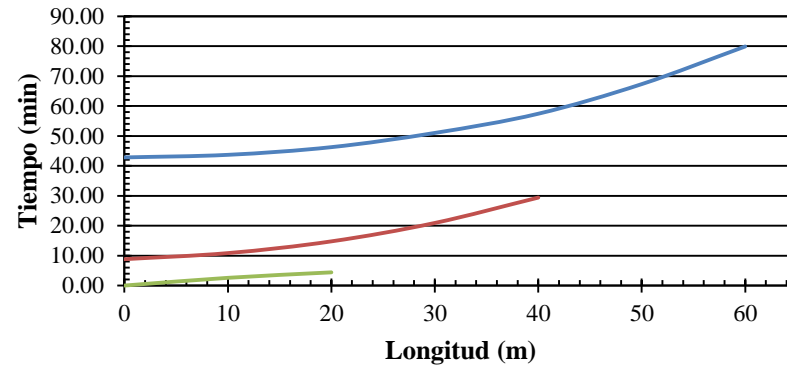
Continuación

RI (Surco 3), Riego 4



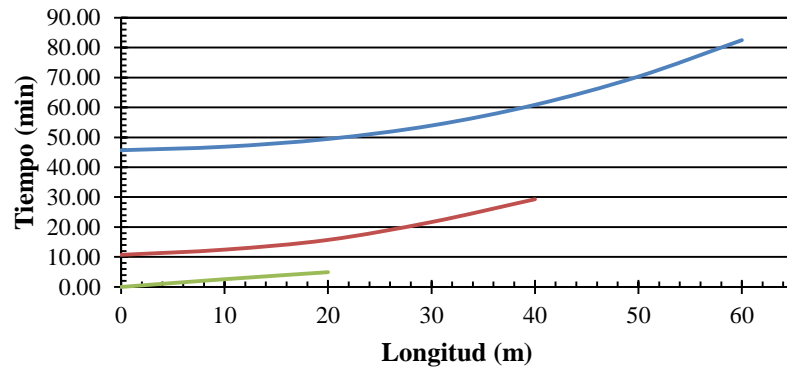
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RI (Surco 4), Riego 4



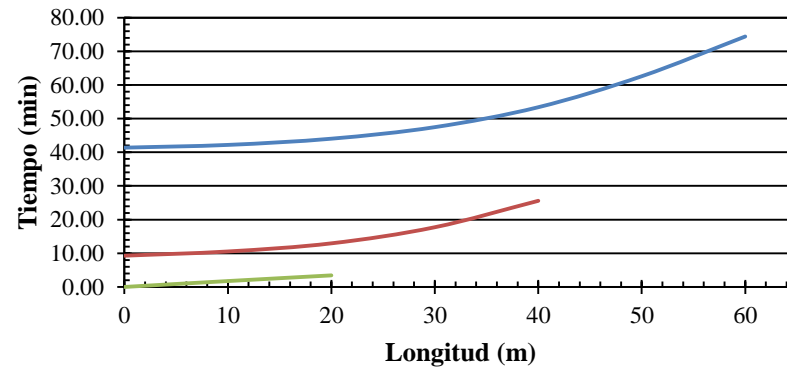
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RI (Surco 5), Riego 4



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

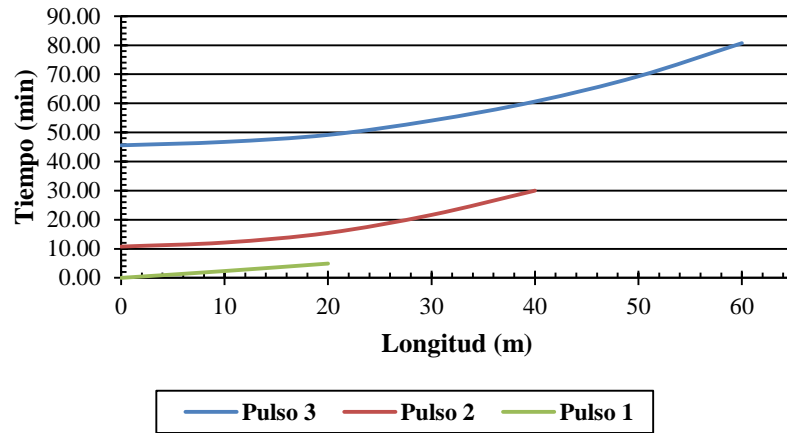
RI (Surco 6), Riego 4



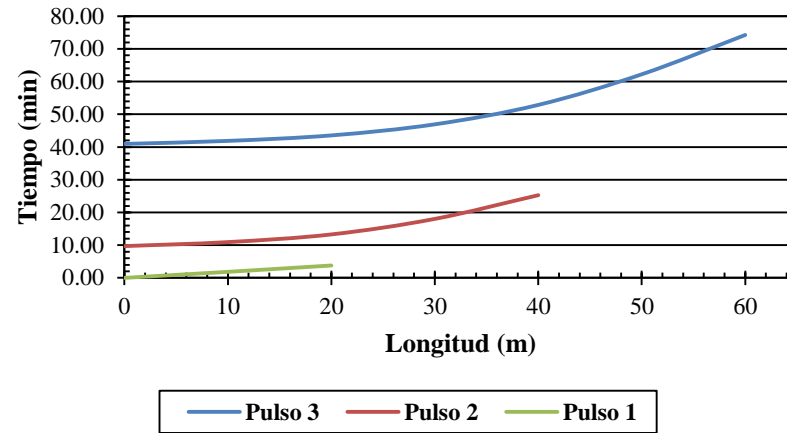
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

Curvas de avance del riego Intermitente – Quinto Riego.

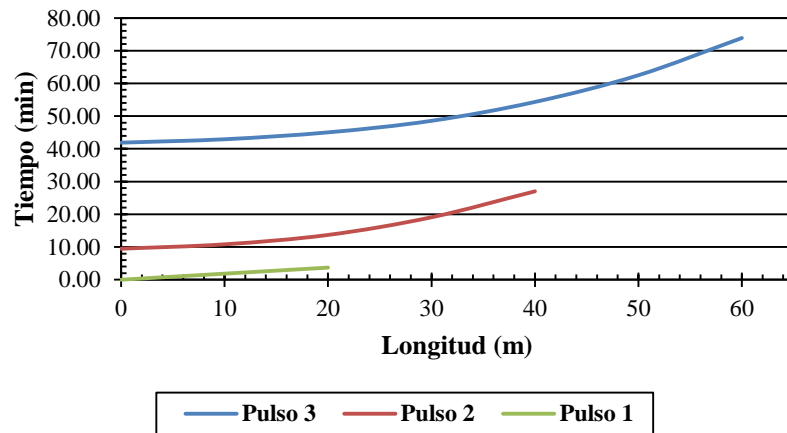
RI (Surco 1), Riego 5



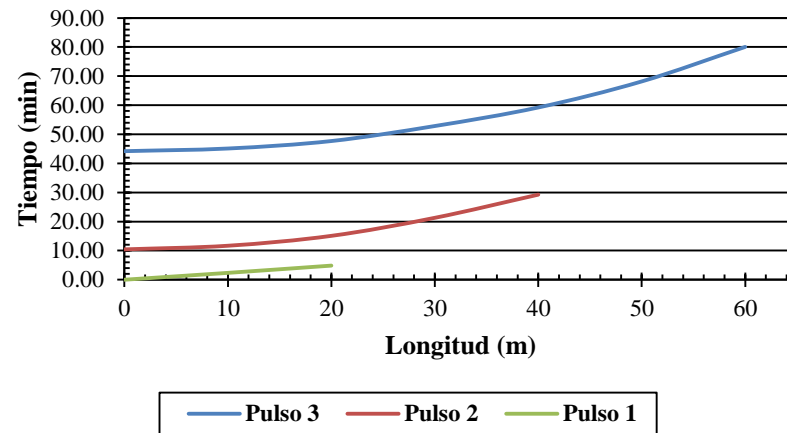
RI (Surco 2), Riego 5



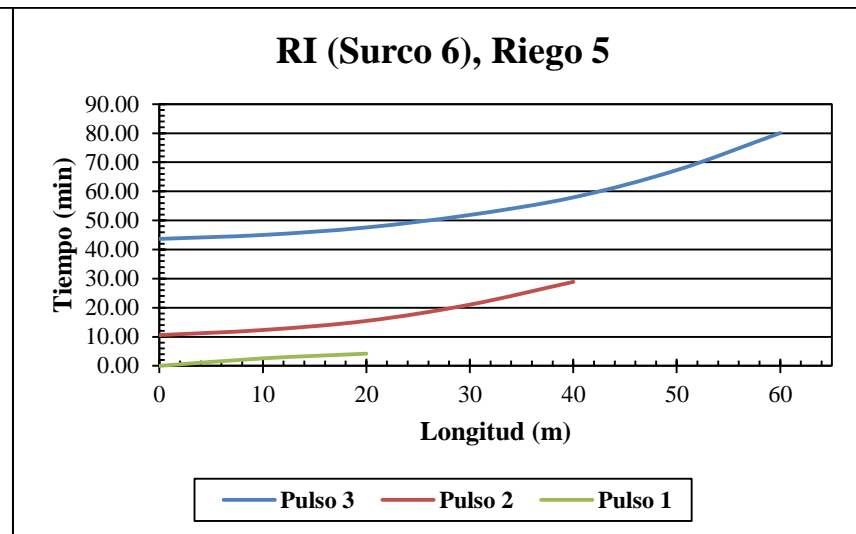
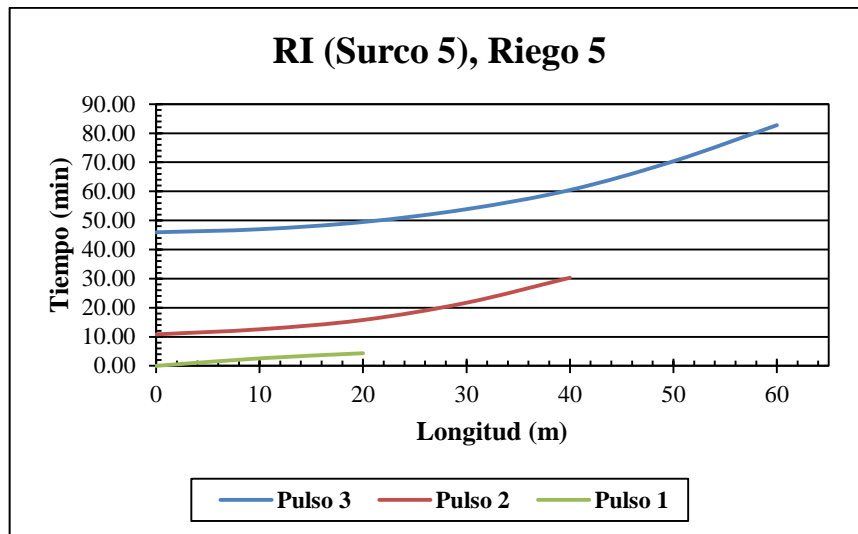
RI (Surco 3), Riego 5



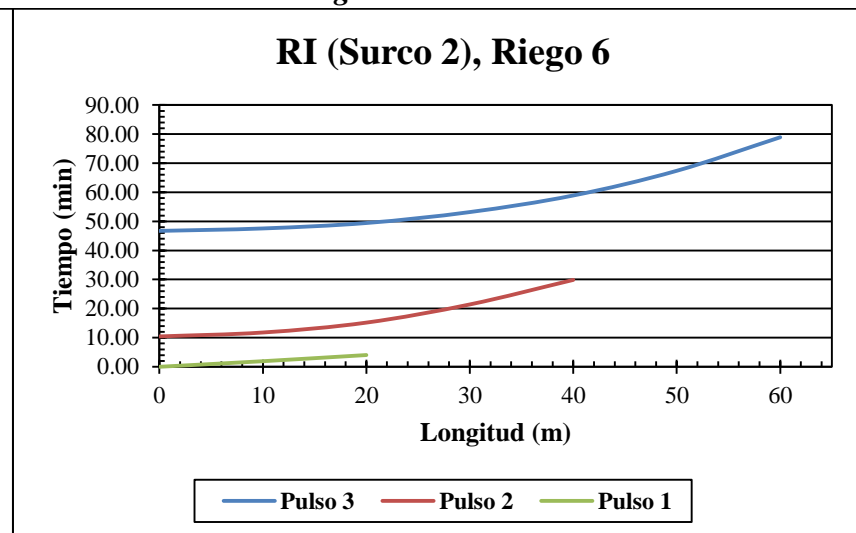
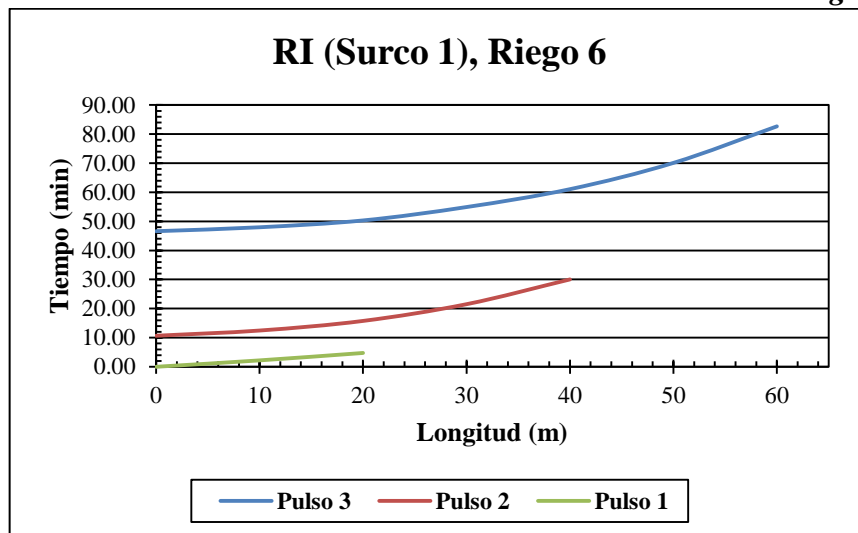
RI (Surco 4), Riego 5



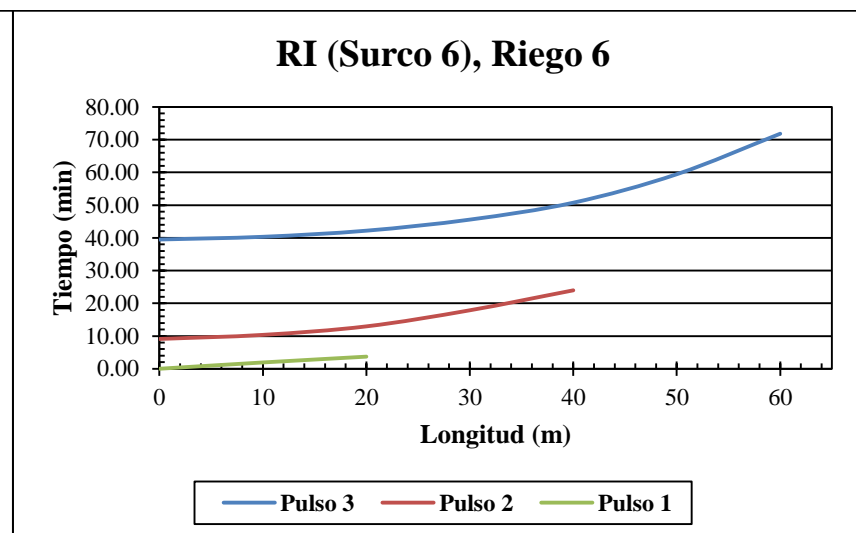
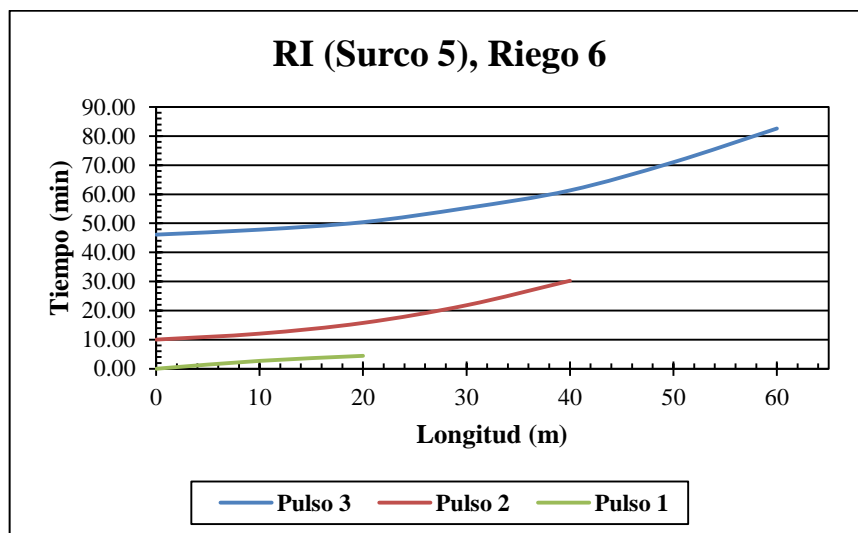
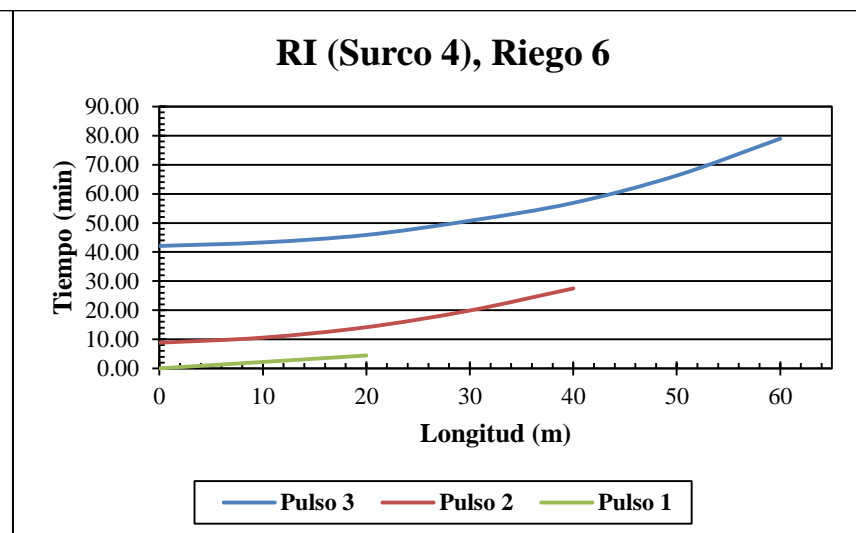
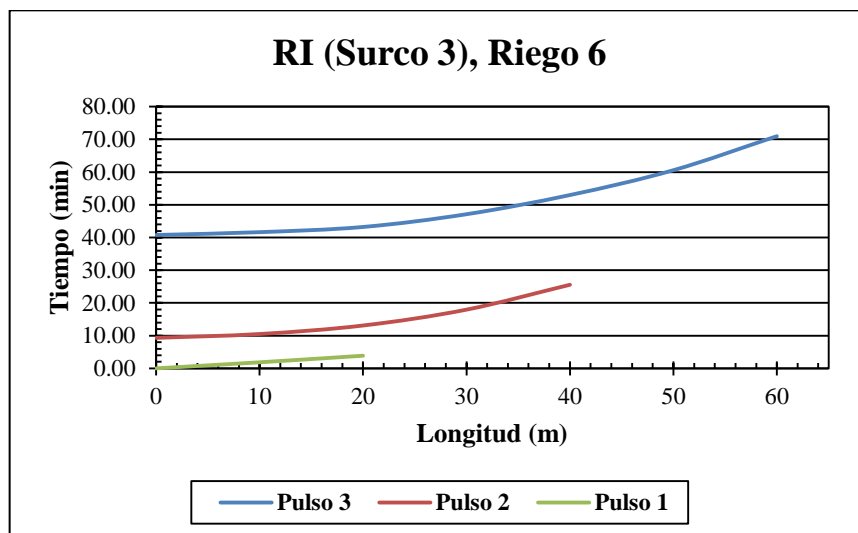
Continuación.



Curvas de avance del riego Intermitente – Sexto Riego.

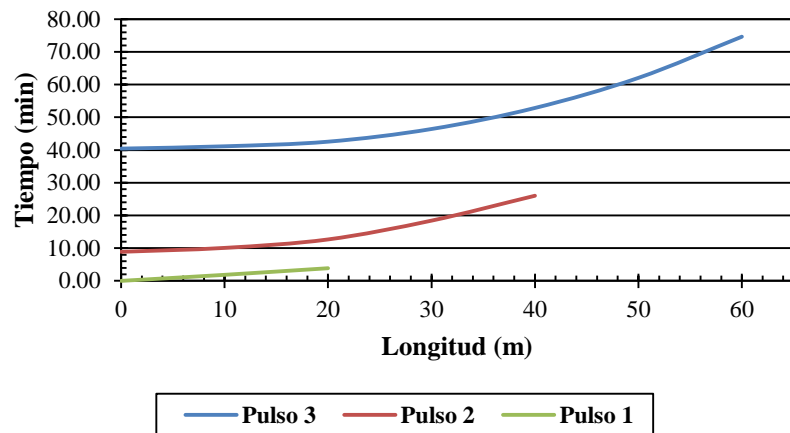


Continuación

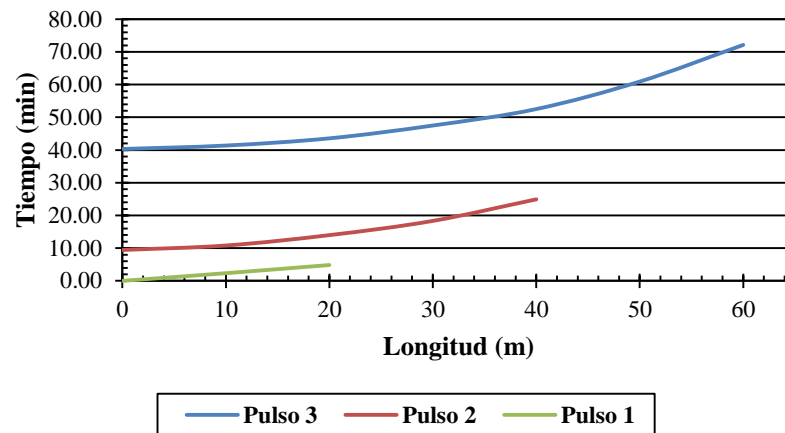


Curvas de avance del riego Intermitente – Séptimo Riego.

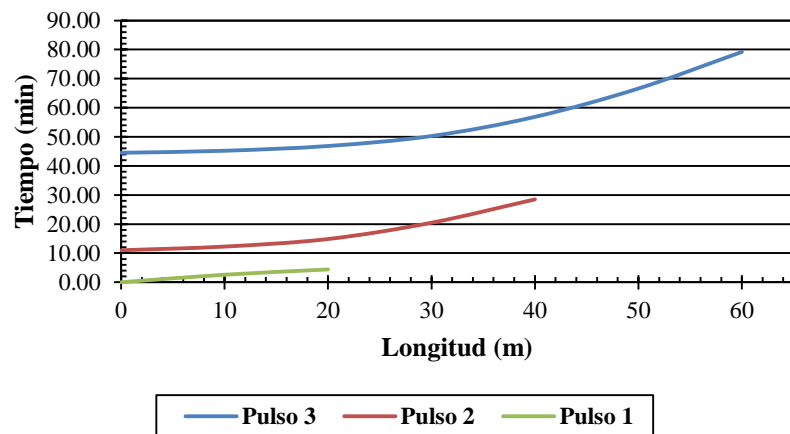
RI (Surco 1), Riego 7



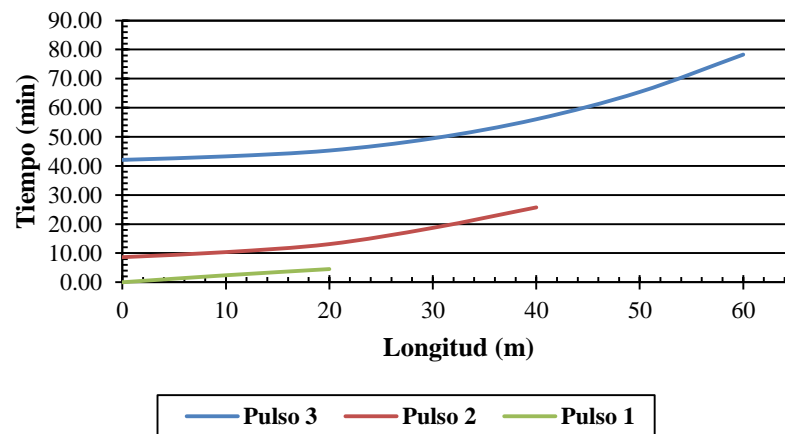
RI (Surco 2), Riego 7



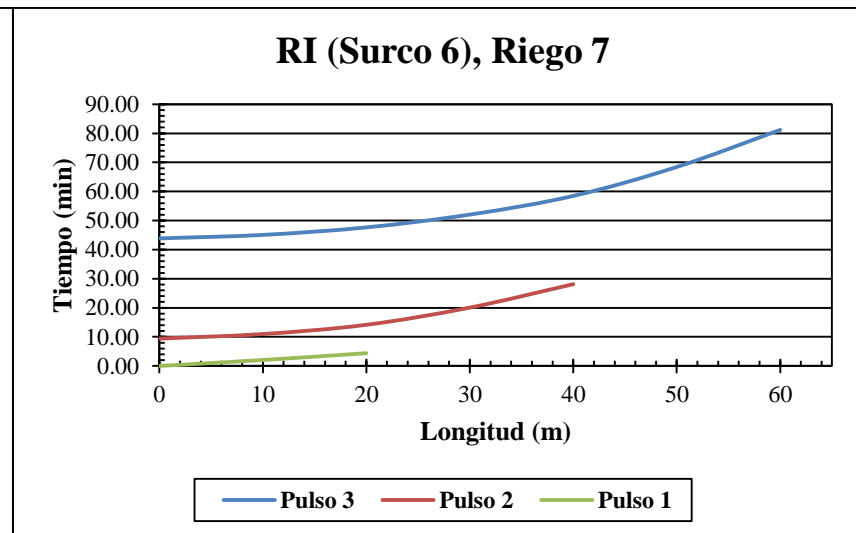
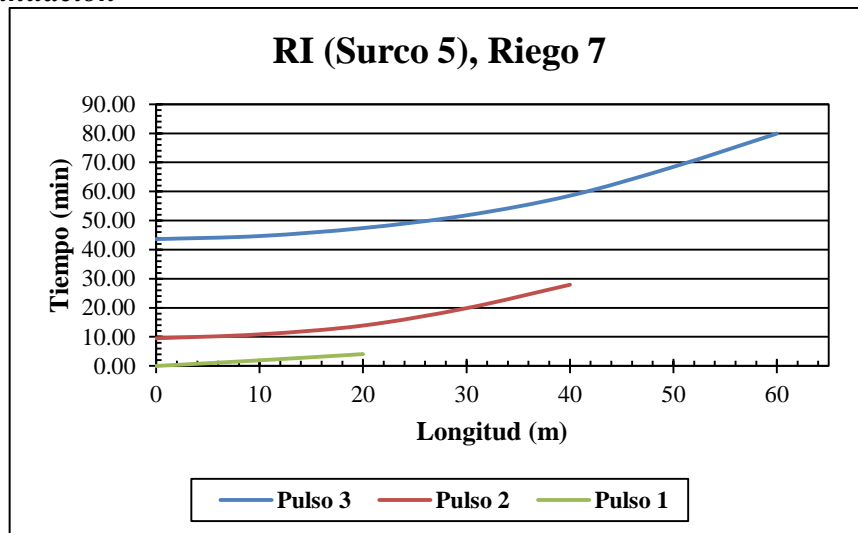
RI (Surco 3), Riego 7



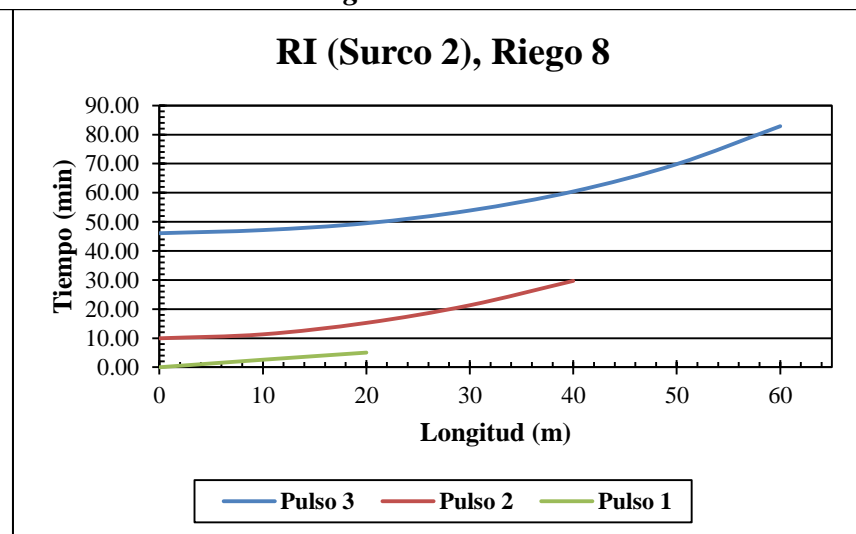
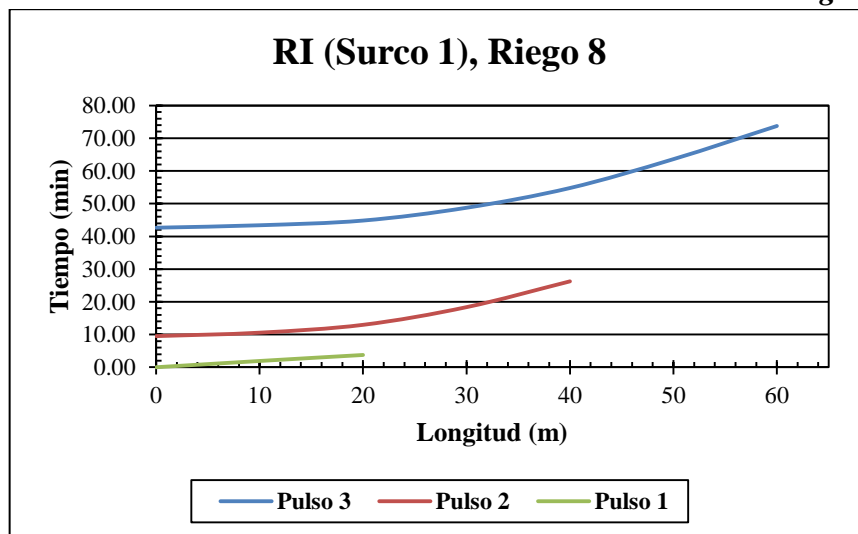
RI (Surco 4), Riego 7



Continuación

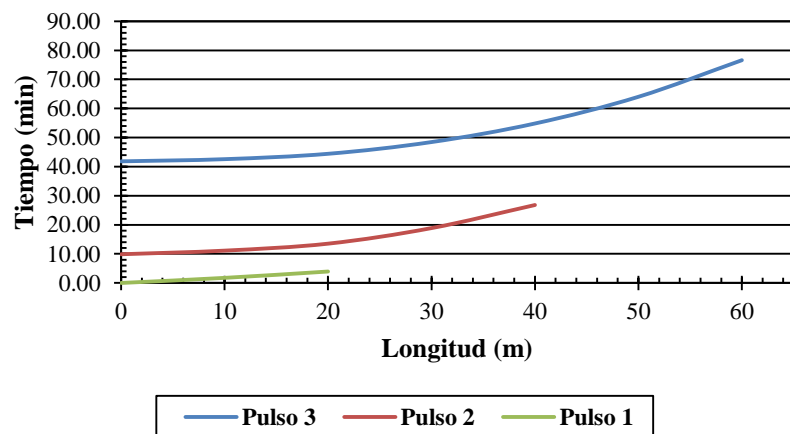


Curvas de avance del riego Intermitente – Octavo Riego.

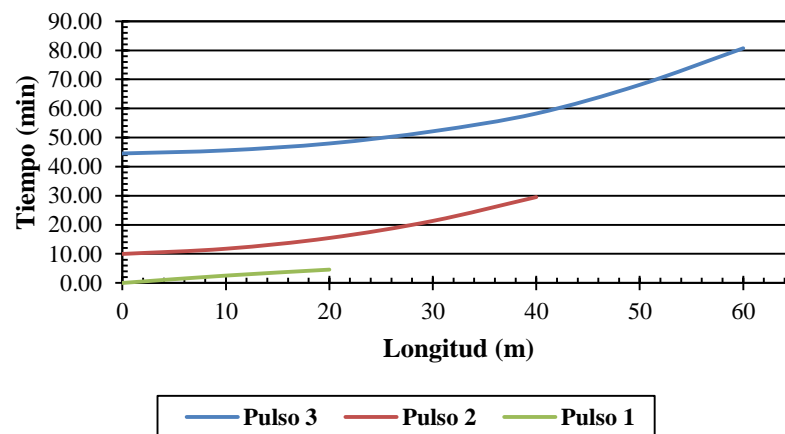


Continuación.

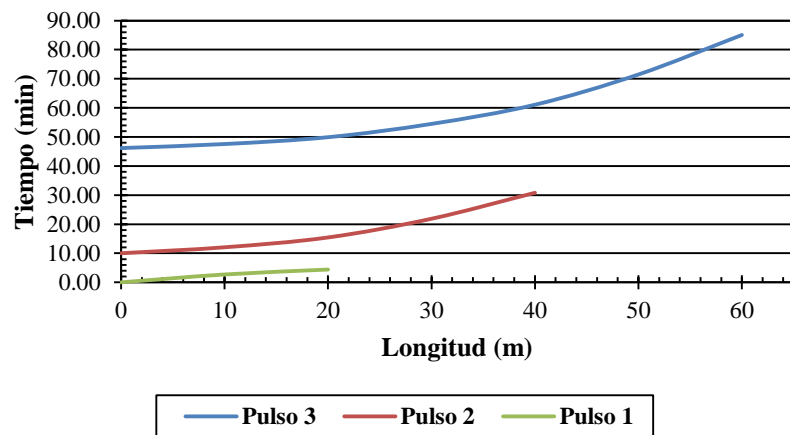
RI (Surco 3), Riego 8



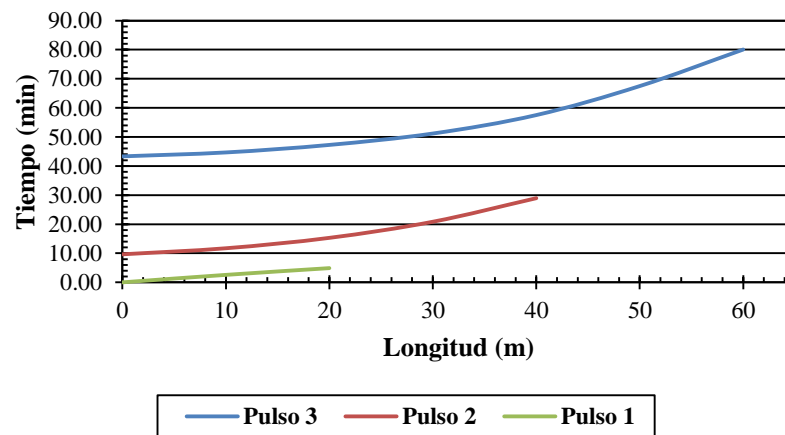
RI (Surco 4), Riego 8



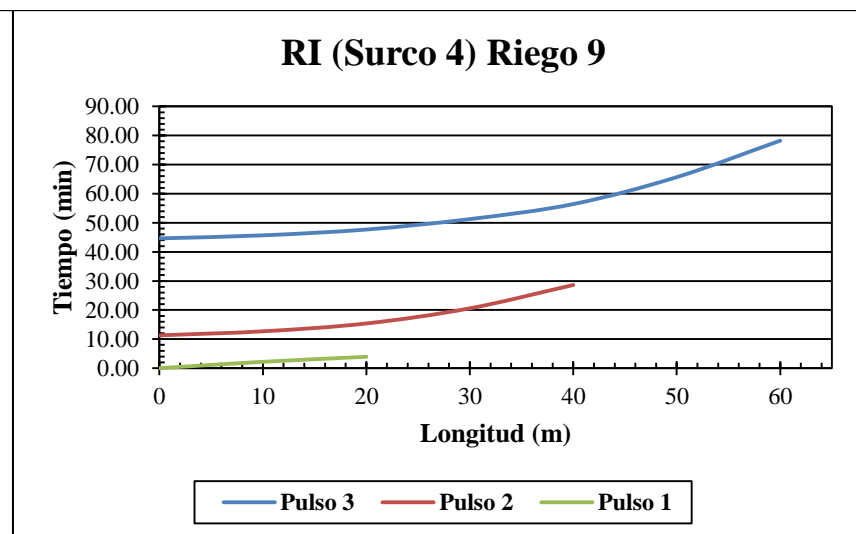
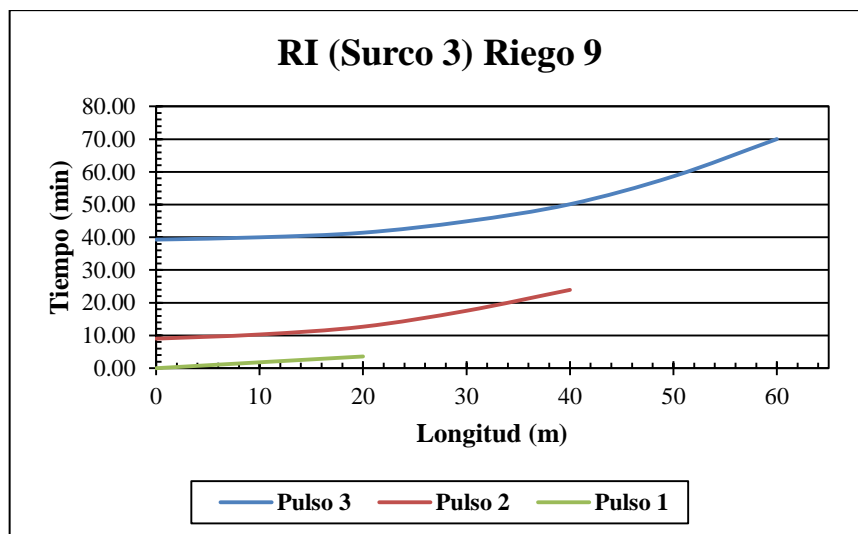
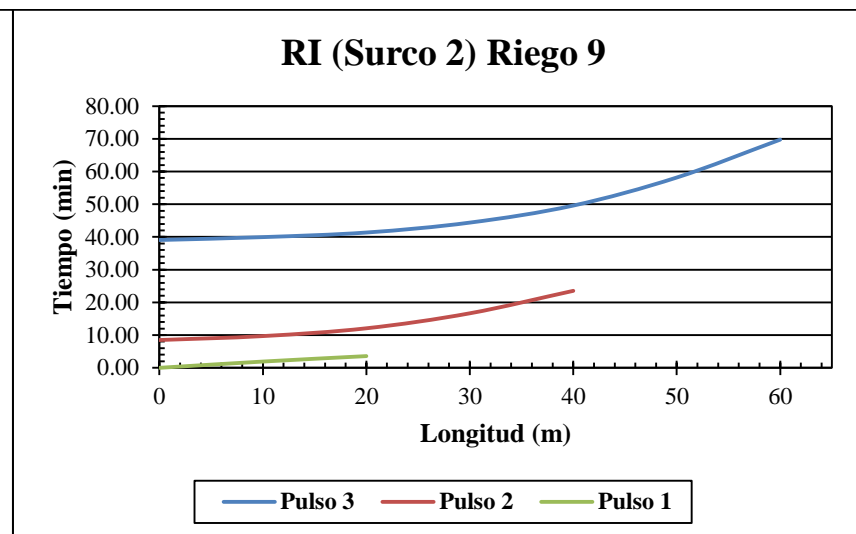
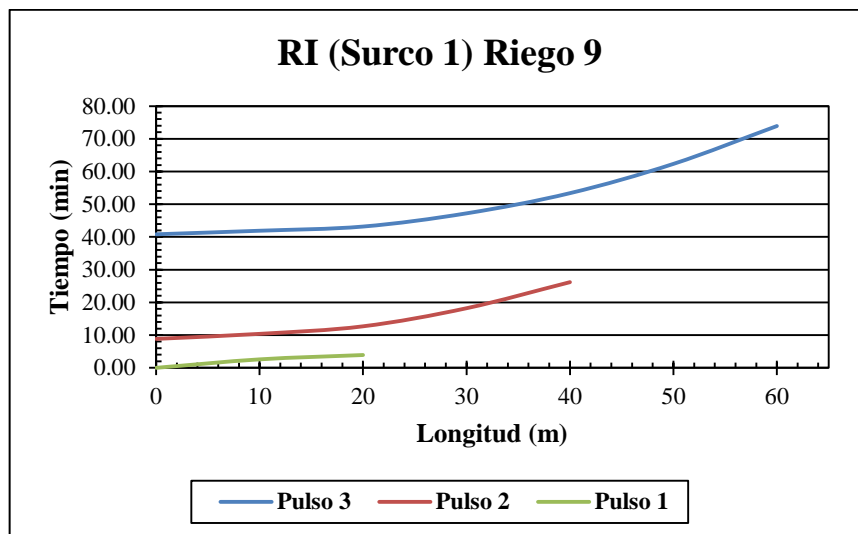
RI (Surco 5), Riego 8



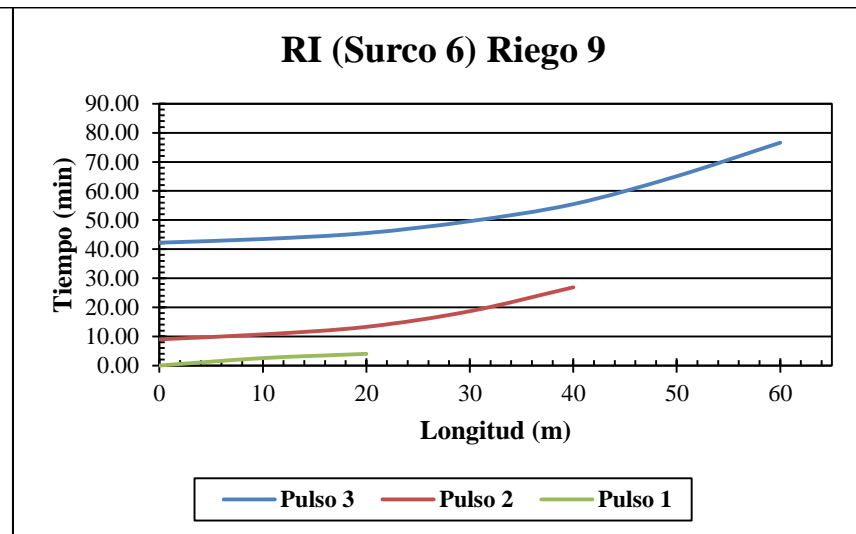
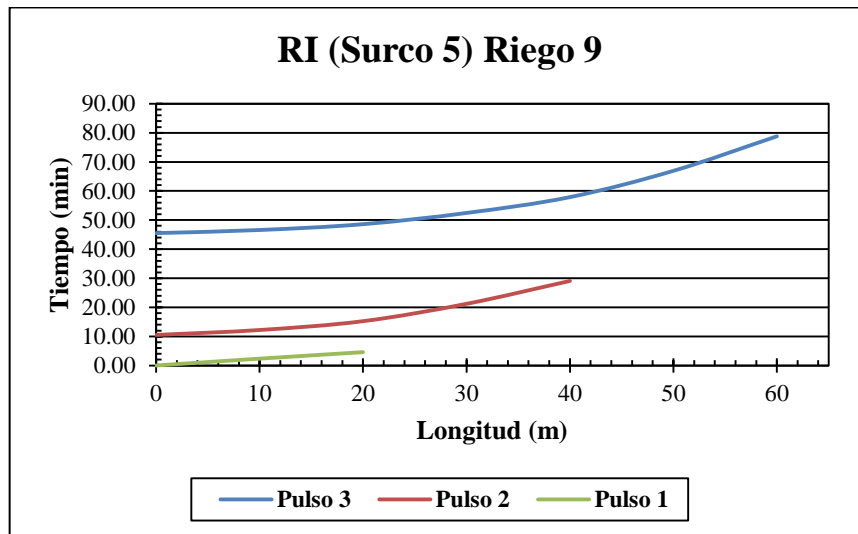
RI (Surco 6), Riego 8



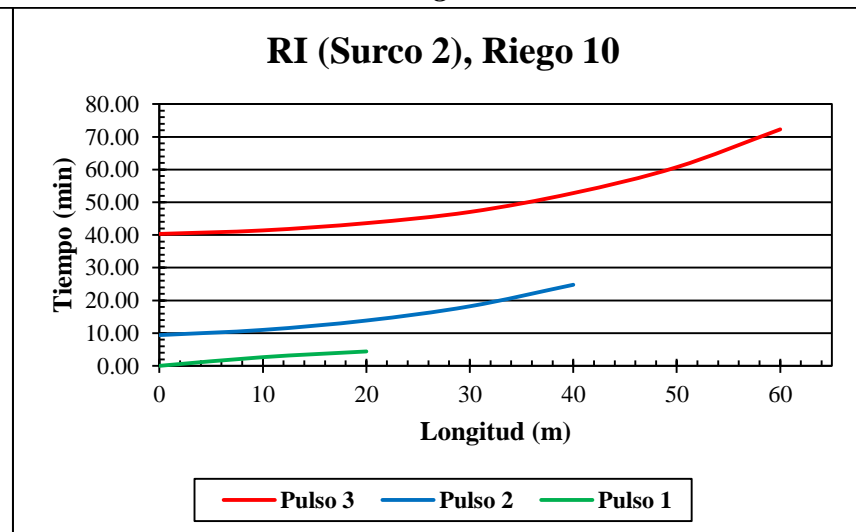
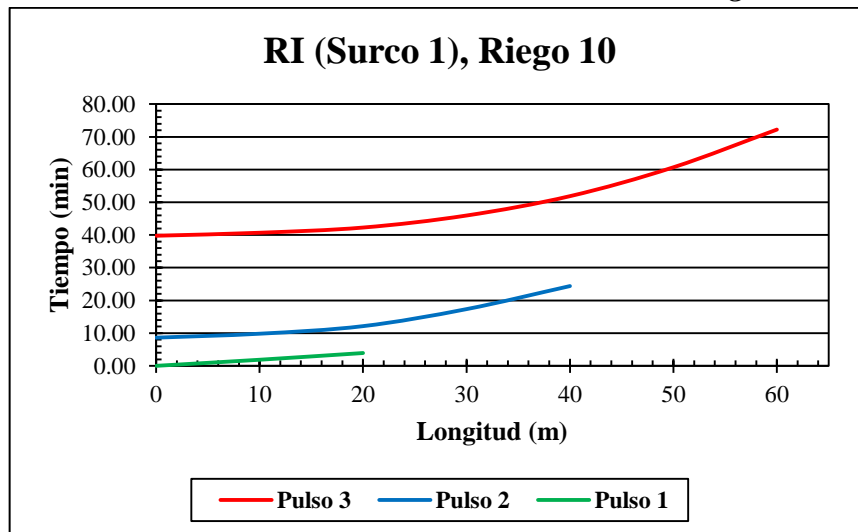
Curvas de avance del riego Intermitente – Noveno Riego.



Continuación

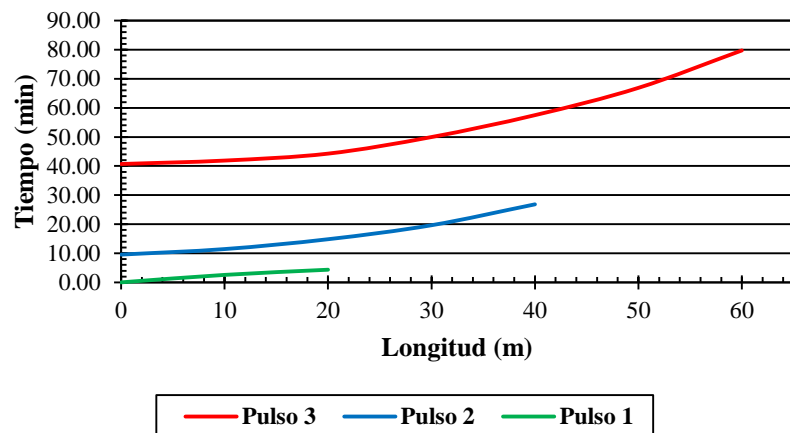


Curvas de avance del riego Intermitente Intermitente – Decimo Riego.

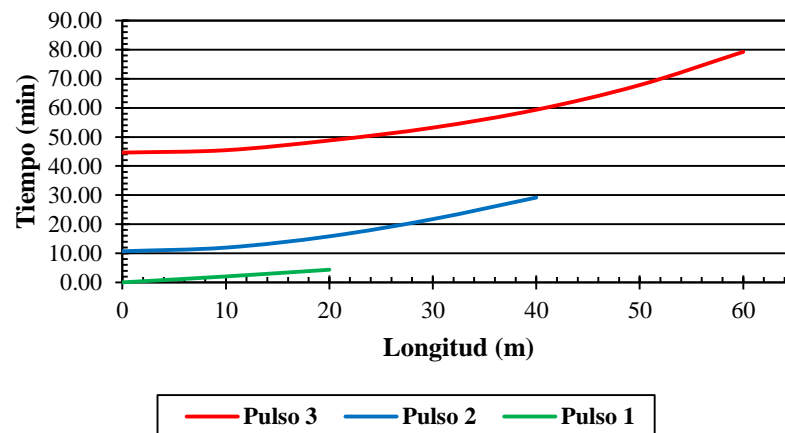


Continuación

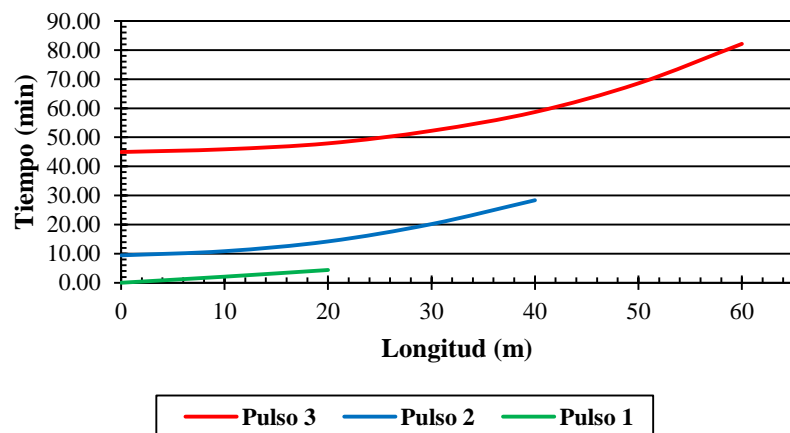
RI (Surco 3), Riego 10



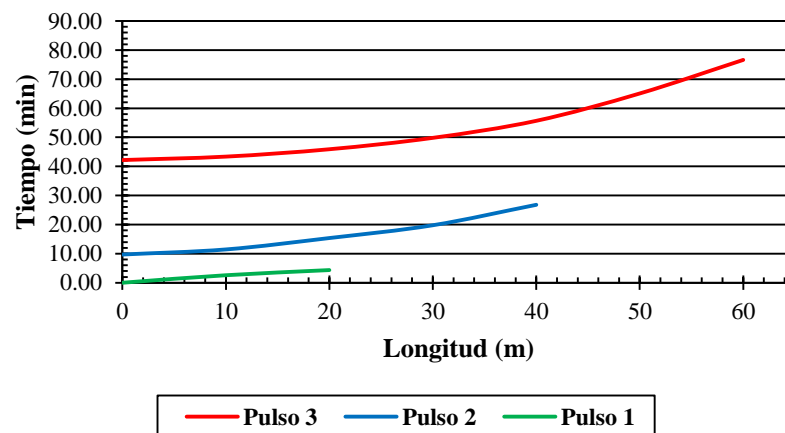
RI (Surco 4), Riego 10



RI (Surco 5), Riego 10



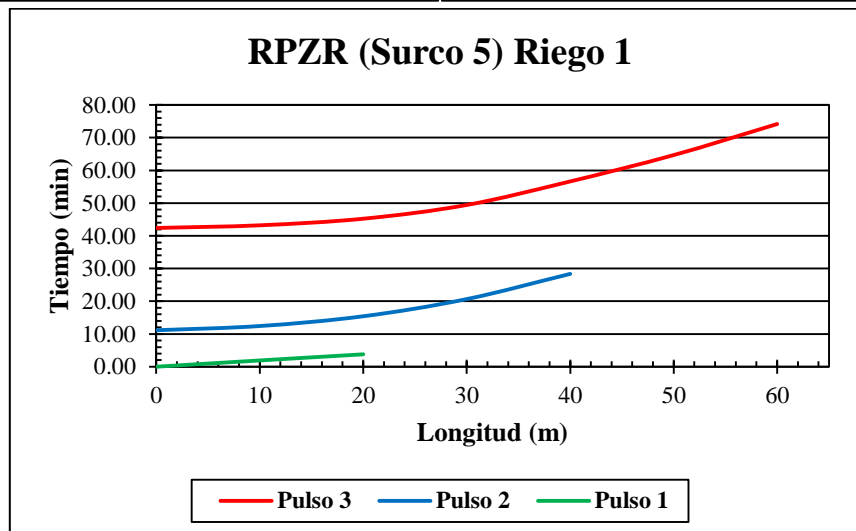
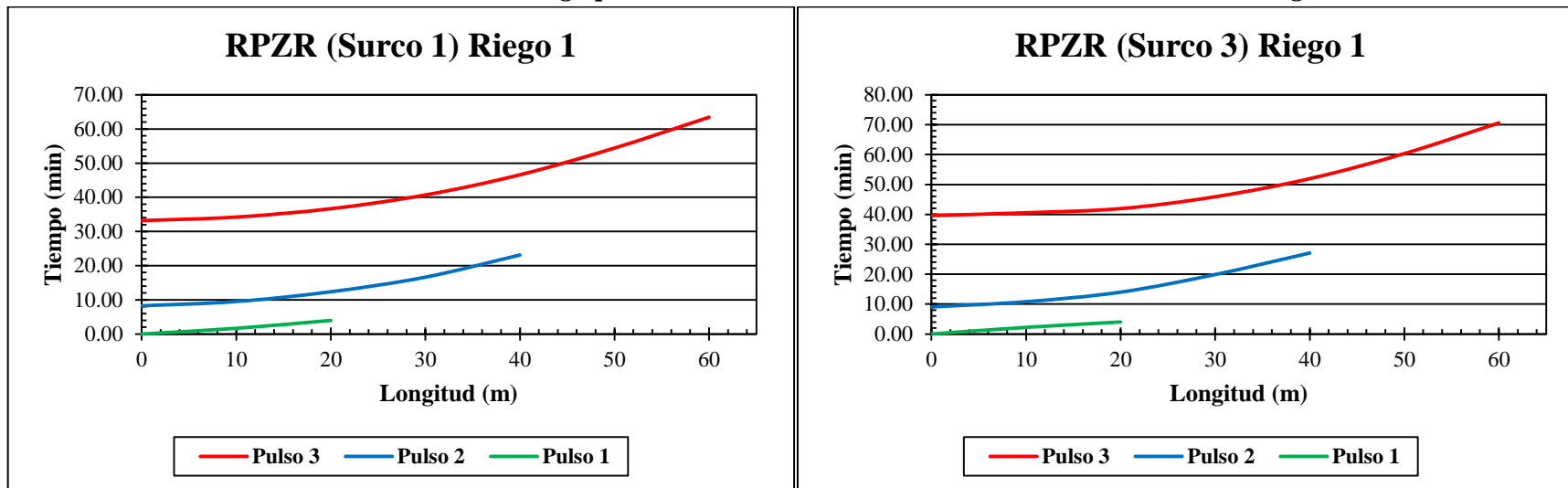
RI (Surco 6), Riego 10



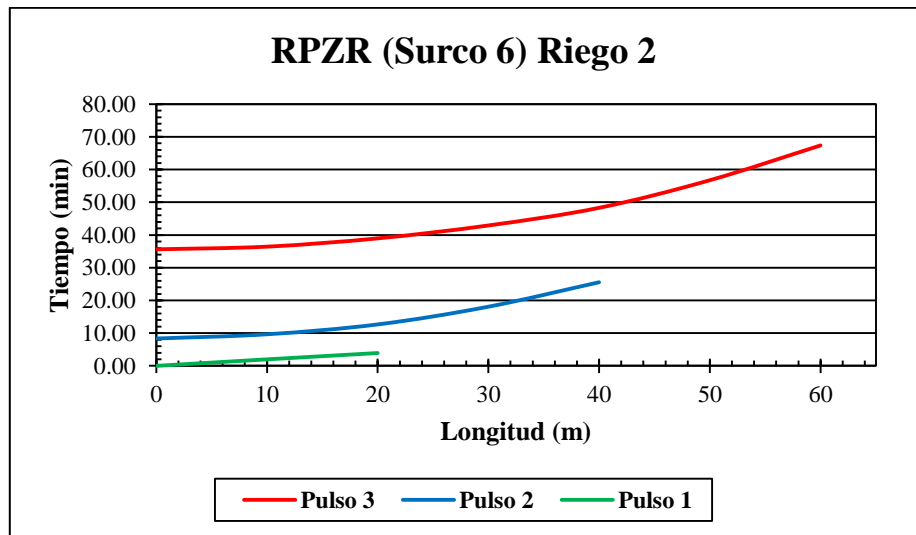
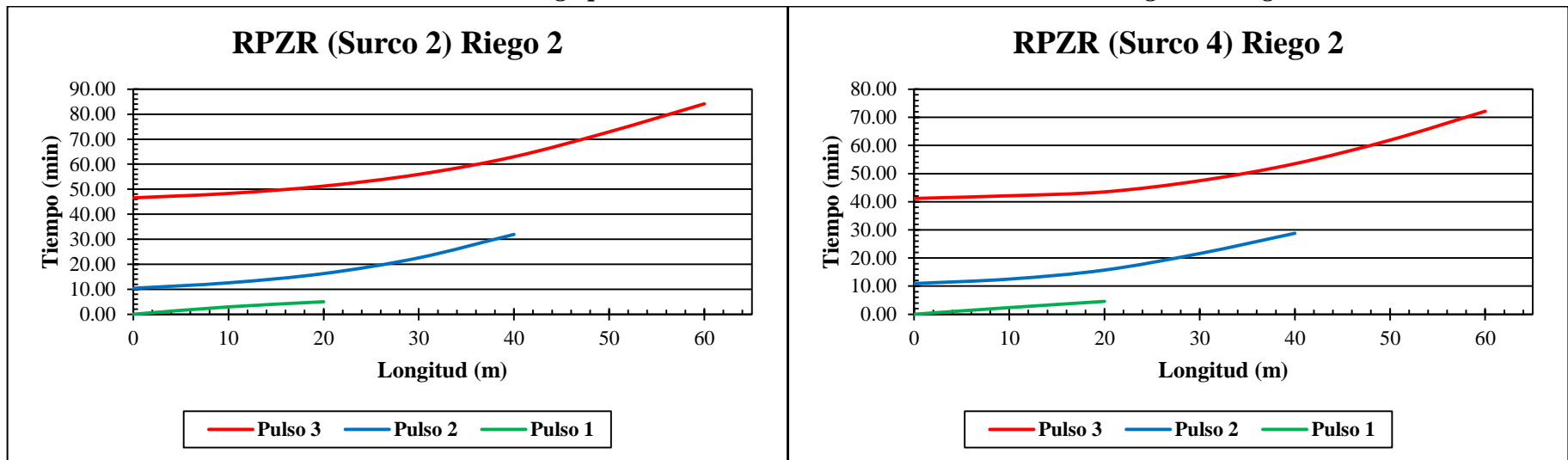
ANEXO 06

“Curvas de avance del tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente”

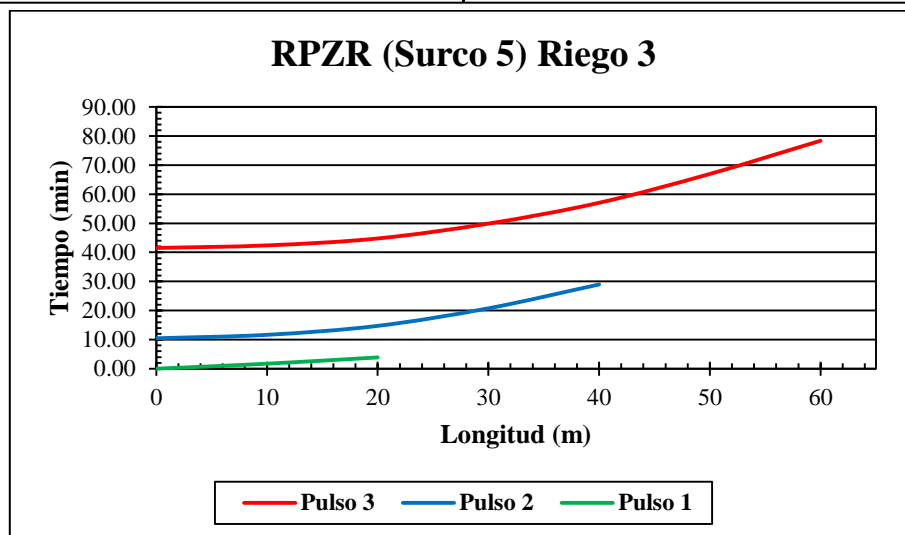
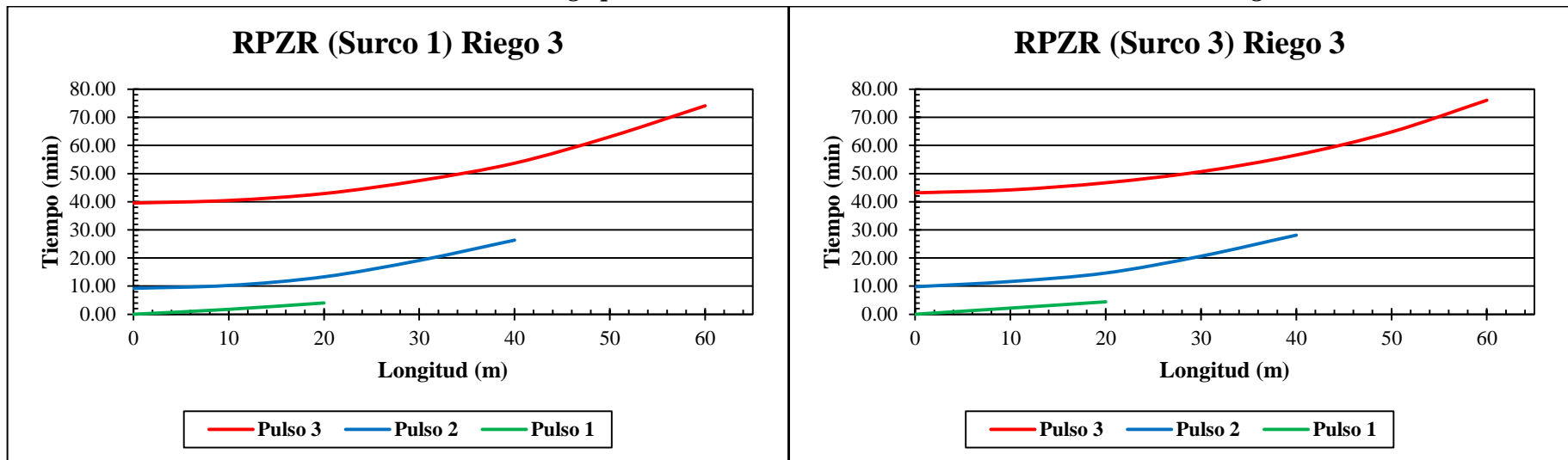
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Primer Riego.



Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Segundo Riego.

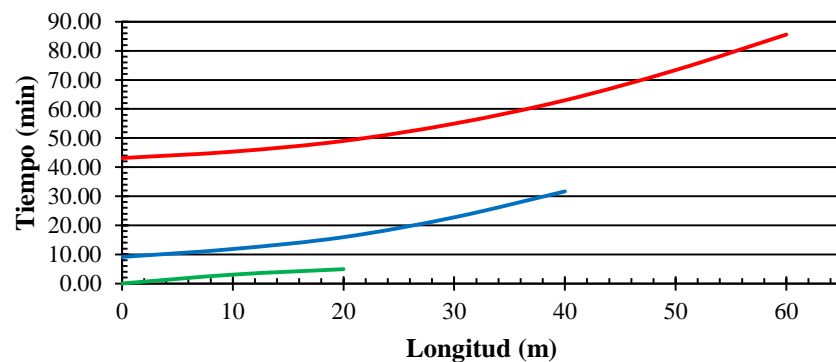


Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Tercer Riego.



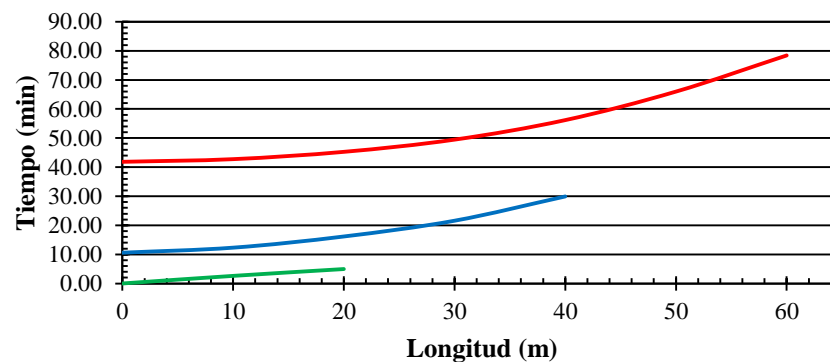
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Cuarto Riego.

RPZR (Surco 2) Riego 4



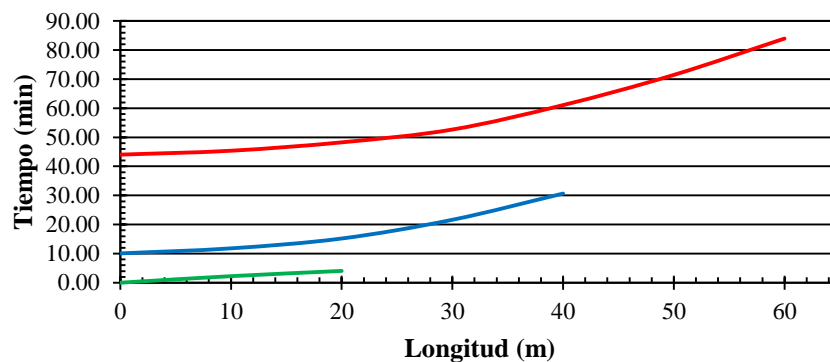
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 4) Riego 4



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

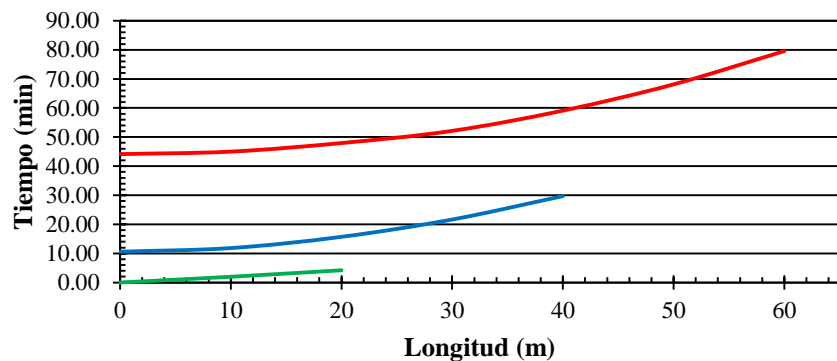
RPZR (Surco 6) Riego 4



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

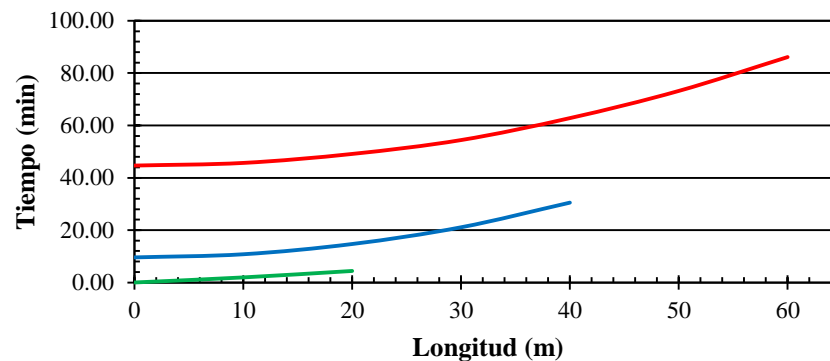
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Quinto Riego.

RPZR (Surco 1) Riego 5



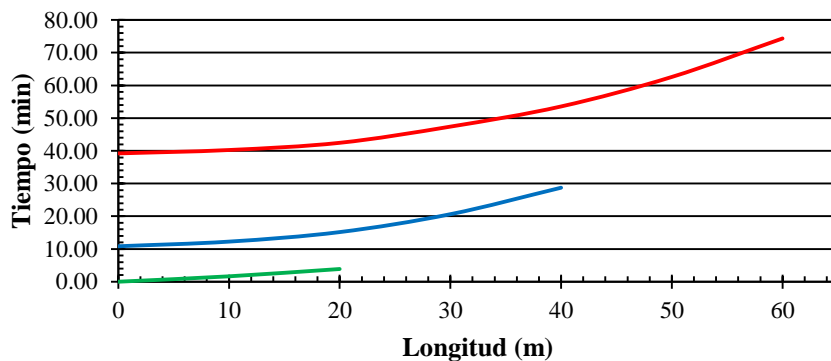
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 3) Riego 5



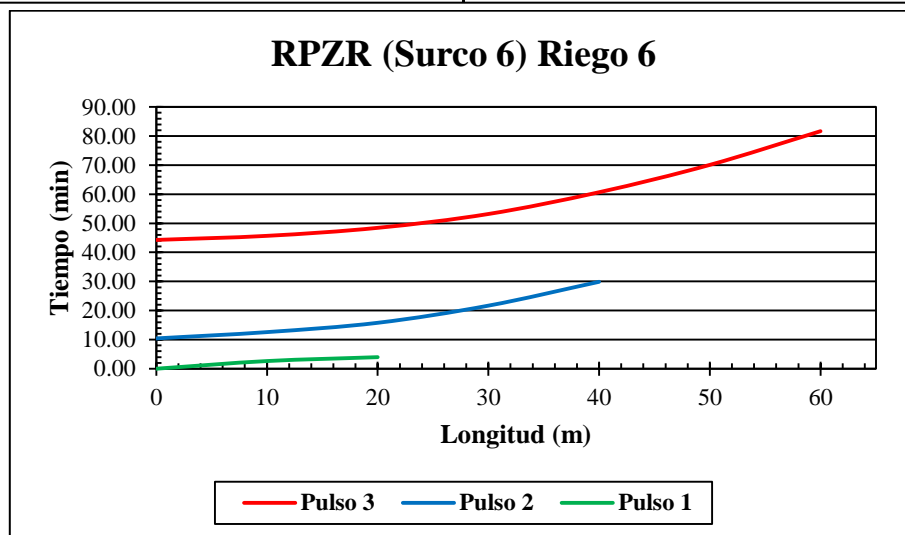
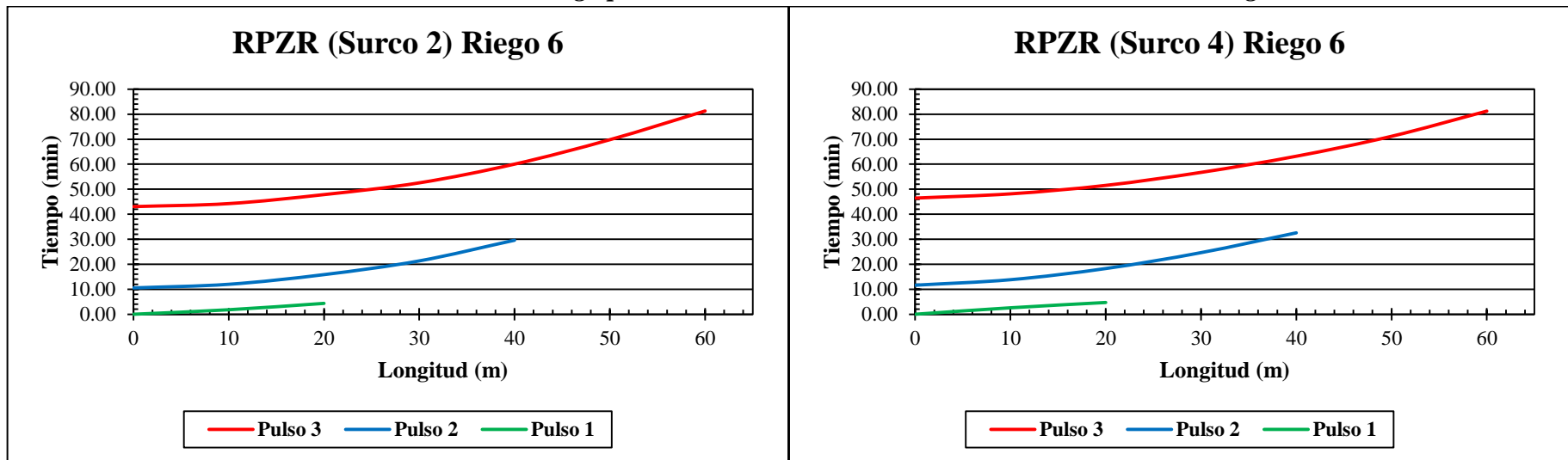
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 5) Riego 5



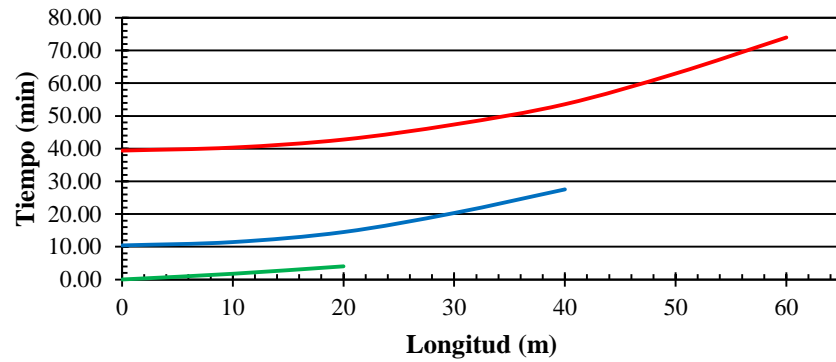
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Sexto Riego.



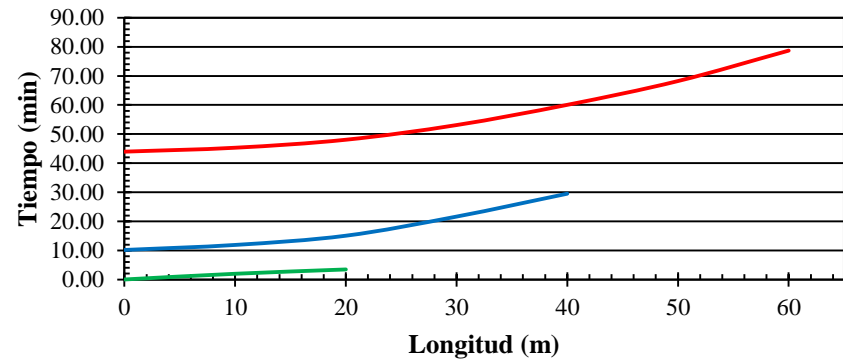
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Séptimo Riego.

RPZR (Surco 1) Riego 7



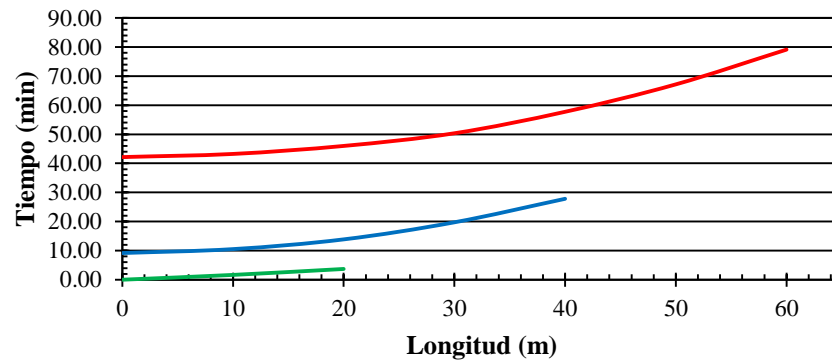
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 3) Riego 7



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

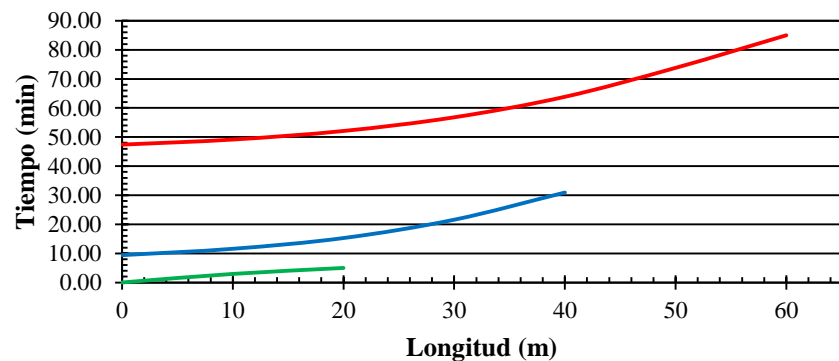
RPZR (Surco 5) Riego 7



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

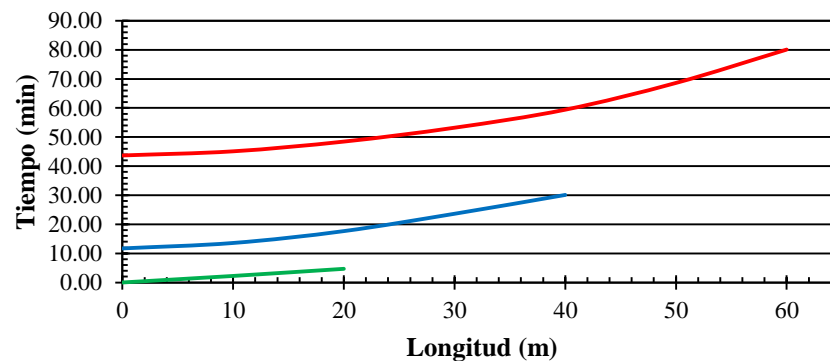
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Octavo Riego.

RPZR (Surco 2) Riego 8



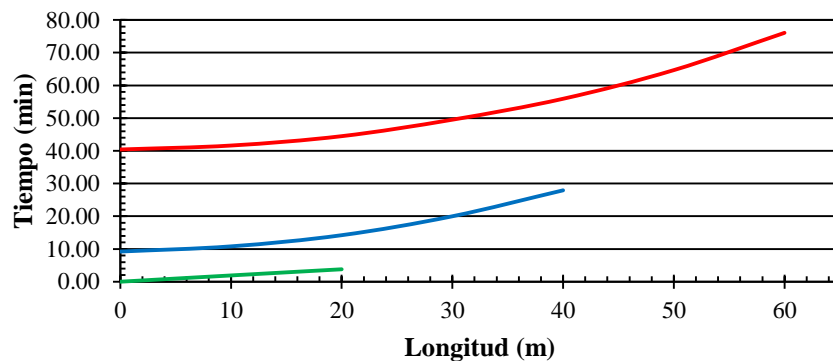
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 4) Riego 8



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

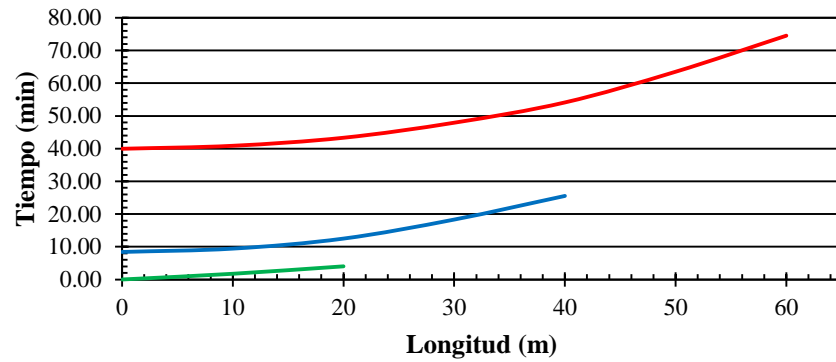
RPZR (Surco 6) Riego 8



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

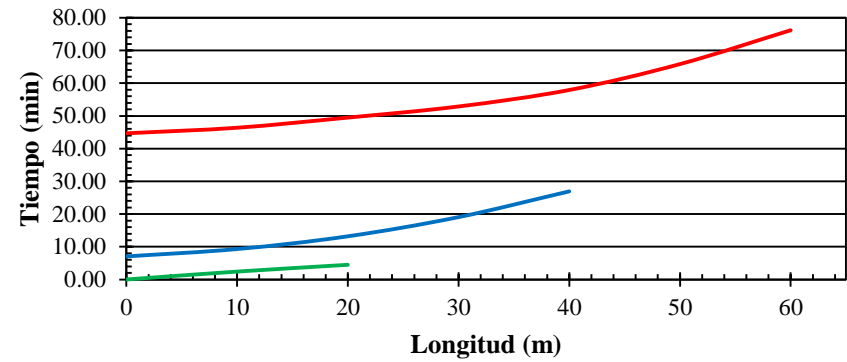
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Noveno Riego.

RPZR (Surco 1) Riego 9



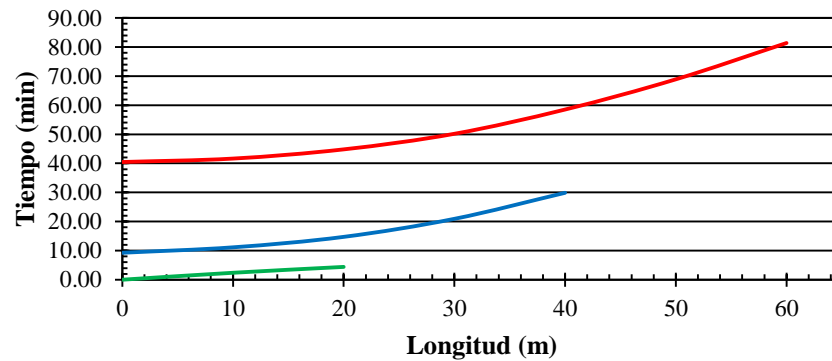
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 3) Riego 9



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

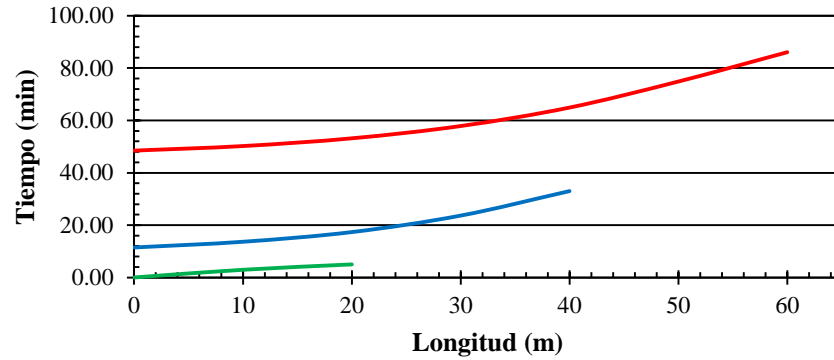
RPZR (Surco 5) Riego 9



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

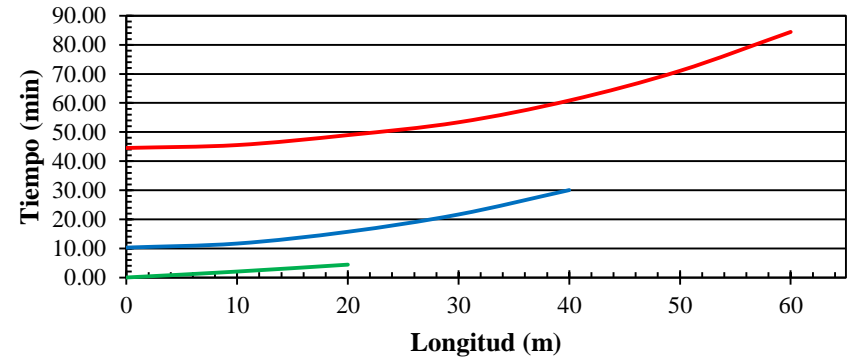
Curvas de avance del riego parcial de la zona de raíces con intermitente – Decimo Riego.

RPZR (Surco 2) Riego 10



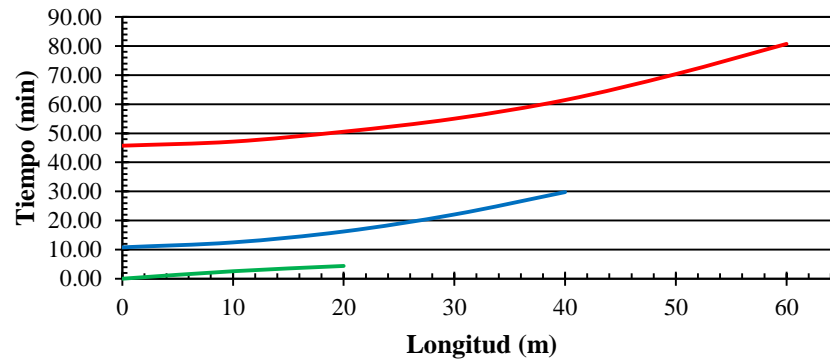
— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 4) Riego 10



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

RPZR (Surco 6) Riego 10



— Pulso 3 — Pulso 2 — Pulso 1

ANEXO 07

“Numero de tallos y tubérculos por planta del riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente”

Bloque 1.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	1	1	2	26	2354
	1	2	1	12	1272
	1	3	2	18	1527
	1	4	2	29	2216
	1	5	2	19	1592
	1	6	2	29	1547
	1	7	2	19	1785
	1	8	1	16	1376
	1	9	2	20	1980
	1	10	1	17	1464
	1	11	2	28	2248
	1	12	3	38	2601
	1	13	1	18	1244
	1	14	2	26	1660
	1	15	2	30	1786
	1	16	4	29	1737
	1	17	2	18	1829
	1	18	2	15	1330
	1	19	1	21	2188
	1	20	1	19	1675
	1	21	2	14	1499
	1	22	2	24	2139
	1	23	2	21	1734
	1	24	2	19	1734
	1	25	2	30	2578
	1	26	3	19	1800
	1	27	2	25	1752
	1	28	2	18	1670
	1	29	2	16	1296
	1	30	2	20	1639

Bloque 2

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	2	1	1	16	1457
	2	2	1	19	1680
	2	3	1	16	1012
	2	4	1	23	1214
	2	5	1	19	1474
	2	6	1	23	1730
	2	7	2	21	1748
	2	8	2	40	1894
	2	9	2	24	1940
	2	10	1	19	1576
	2	11	2	21	1866
	2	12	2	26	2101
	2	13	2	29	1516
	2	14	2	26	1698
	2	15	1	20	1441
	2	16	2	22	1520
	2	17	2	37	1924
	2	18	2	18	1675
	2	19	2	22	1955
	2	20	2	17	1368
	2	21	1	23	1512
	2	22	2	23	1493
	2	23	2	27	1564
	2	24	1	36	1337
	2	25	3	33	2245
	2	26	2	29	2251
	2	27	2	21	1761
	2	28	2	20	1629
	2	29	2	27	1772
	2	30	2	30	1528

Bloque 3

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	3	1	3	42	2479
	3	2	3	30	2386
	3	3	3	22	2725
	3	4	2	42	2374
	3	5	2	14	1471
	3	6	2	29	1773
	3	7	2	24	1449
	3	8	1	14	1475
	3	9	2	21	1689
	3	10	1	13	1195
	3	11	1	23	1143
	3	12	2	15	1495
	3	13	2	20	1522
	3	14	1	15	1474
	3	15	2	20	1741
	3	16	2	17	1445
	3	17	3	28	2059
	3	18	2	12	1430
	3	19	3	21	2566
	3	20	3	42	2651
	3	21	2	22	1443
	3	22	2	22	1739
	3	23	2	21	1379
	3	24	2	26	2113
	3	25	2	24	1722
	3	26	1	18	1514
	3	27	1	14	1320
	3	28	2	16	1616
	3	29	1	14	1403
	3	30	2	26	1705

Bloque 4

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	4	1	1	17	1442
	4	2	1	20	1538
	4	3	2	18	1605
	4	4	1	18	1290
	4	5	1	17	1367
	4	6	2	29	1770
	4	7	1	26	1605
	4	8	1	20	1684
	4	9	2	18	1426
	4	10	2	16	1467
	4	11	1	13	1427
	4	12	1	21	1403
	4	13	1	25	1339
	4	14	2	33	1580
	4	15	2	25	1640
	4	16	2	25	1882
	4	17	2	15	1550
	4	18	2	14	1543
	4	19	1	14	1309
	4	20	2	21	1515
	4	21	2	19	1536
	4	22	2	21	1585
	4	23	2	20	1604
	4	24	1	18	1349
	4	25	2	27	1853
	4	26	2	33	1698
	4	27	2	21	1511
	4	28	1	21	1308
	4	29	2	17	1635
	4	30	2	23	1582

Bloque 5

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	5	1	3	33	2526
	5	2	3	24	2114
	5	3	2	20	1519
	5	4	1	23	1230
	5	5	2	21	1720
	5	6	2	35	1963
	5	7	2	18	1571
	5	8	1	28	1510
	5	9	2	15	1718
	5	10	2	23	1625
	5	11	3	30	2376
	5	12	3	33	2373
	5	13	2	21	1604
	5	14	1	8	1263
	5	15	2	19	1715
	5	16	2	26	1455
	5	17	1	18	1328
	5	18	1	20	1520
	5	19	1	19	1397
	5	20	1	18	1412
	5	21	1	24	1538
	5	22	2	24	1454
	5	23	1	30	1435
	5	24	2	34	1449
	5	25	1	14	1339
	5	26	2	29	1678
	5	27	2	52	1909
	5	28	1	25	1289
	5	29	2	40	1998
	5	30	3	39	2356

Bloque 6

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	6	1	2	15	1345
	6	2	2	9	1856
	6	3	2	29	1791
	6	4	1	27	1350
	6	5	1	27	1844
	6	6	1	22	1613
	6	7	2	16	1317
	6	8	3	25	2039
	6	9	2	20	1784
	6	10	1	18	1372
	6	11	2	20	1623
	6	12	3	26	2027
	6	13	2	27	1830
	6	14	2	19	1611
	6	15	2	22	1803
	6	16	1	17	1258
	6	17	2	23	1831
	6	18	3	35	2283
	6	19	2	30	1753
	6	20	2	30	1563
	6	21	3	23	1953
	6	22	2	18	1712
	6	23	2	15	1738
	6	24	2	17	1809
	6	25	1	24	1450
	6	26	2	27	1610
	6	27	2	16	1522
	6	28	2	30	1725
	6	29	2	11	1739
	6	30	2	14	2061

ANEXO 8

“Numero de tallos y tubérculos por planta del riego intermitente”

Bloque 1.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego intermitente	1	1	3	28	2514
	1	2	2	23	1312
	1	3	2	19	1384
	1	4	2	23	1737
	1	5	4	58	1930
	1	6	1	12	1177
	1	7	1	13	1207
	1	8	2	19	1186
	1	9	2	25	1286
	1	10	2	26	1205
	1	11	2	19	1222
	1	12	2	41	1988
	1	13	3	28	1122
	1	14	1	11	1147
	1	15	2	18	1279
	1	16	3	31	2216
	1	17	3	39	2116
	1	18	4	58	2050
	1	19	2	22	1357
	1	20	2	21	1723
	1	21	1	14	1221
	1	22	2	21	1436
	1	23	2	19	1226
	1	24	1	14	1279
	1	25	1	15	1199
	1	26	4	38	1458
	1	27	2	14	1120
	1	28	1	12	1194
	1	29	1	12	1311
	1	30	3	31	2280

Bloque 2.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego intermitente	2	1	2	24	1619
	2	2	4	55	1926
	2	3	3	41	2424
	2	4	2	32	1803
	2	5	2	16	1382
	2	6	4	40	2663
	2	7	2	25	1349
	2	8	2	22	1139
	2	9	3	34	2119
	2	10	2	28	1488
	2	11	4	42	2058
	2	12	3	40	1718
	2	13	2	23	1243
	2	14	1	14	1771
	2	15	2	22	1493
	2	16	2	17	1441
	2	17	3	35	1363
	2	18	3	30	1396
	2	19	1	12	1359
	2	20	1	14	1109
	2	21	3	40	2448
	2	22	2	28	1442
	2	23	2	21	1235
	2	24	3	38	1942
	2	25	1	14	1187
	2	26	2	27	1354
	2	27	2	19	1520
	2	28	2	25	1897
	2	29	2	24	2195
	2	30	3	22	1743

Bloque 3.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego intermitente	3	1	2	20	1802
	3	2	1	14	1406
	3	3	2	25	1742
	3	4	2	24	1418
	3	5	3	28	1527
	3	6	3	27	1097
	3	7	2	24	1480
	3	8	1	7	1235
	3	9	2	20	1492
	3	10	1	14	1297
	3	11	3	29	2060
	3	12	2	21	1235
	3	13	2	17	1331
	3	14	2	20	1401
	3	15	3	43	1756
	3	16	1	16	1040
	3	17	3	29	1873
	3	18	1	15	923
	3	19	2	27	1258
	3	20	1	20	1110
	3	21	3	46	2260
	3	22	3	34	1980
	3	23	3	28	1206
	3	24	2	23	1062
	3	25	2	24	1336
	3	26	1	18	1104
	3	27	2	21	1839
	3	28	4	60	1938
	3	29	3	31	1216
	3	30	2	26	1521

Bloque 4

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego intermitente	4	1	2	34	2104
	4	2	1	17	1255
	4	3	3	33	1794
	4	4	3	34	1835
	4	5	2	27	1931
	4	6	3	38	1489
	4	7	2	22	1295
	4	8	1	13	1151
	4	9	3	32	1115
	4	10	1	16	1184
	4	11	1	8	1394
	4	12	2	18	1380
	4	13	1	17	1237
	4	14	1	12	1241
	4	15	1	19	1563
	4	16	1	18	1367
	4	17	2	22	1466
	4	18	1	13	1169
	4	19	1	8	1181
	4	20	1	14	1388
	4	21	1	7	1555
	4	22	3	46	1318
	4	23	1	15	1465
	4	24	2	19	1256
	4	25	2	30	1484
	4	26	3	29	1531
	4	27	2	24	1539
	4	28	4	33	1985
	4	29	2	16	1443
	4	30	3	25	1406

Bloque 5.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego intermitente	5	1	2	33	2397
	5	2	1	23	1322
	5	3	1	22	823
	5	4	1	22	1055
	5	5	2	21	1678
	5	6	2	20	1402
	5	7	1	14	633
	5	8	3	52	2539
	5	9	1	8	1075
	5	10	1	14	964
	5	11	1	20	1434
	5	12	2	77	2150
	5	13	2	32	1363
	5	14	1	22	1291
	5	15	2	33	801
	5	16	1	21	1577
	5	17	2	28	1349
	5	18	2	29	1283
	5	19	1	23	1694
	5	20	1	22	1152
	5	21	2	16	1068
	5	22	3	35	1868
	5	23	1	9	1069
	5	24	2	29	811
	5	25	1	7	914
	5	26	1	13	1446
	5	27	2	24	1506
	5	28	3	67	3212
	5	29	1	17	1355
	5	30	2	46	2404

Bloque 6.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego intermitente	6	1	1	7	3378
	6	2	3	43	2757
	6	3	1	13	1401
	6	4	2	33	1985
	6	5	2	30	2094
	6	6	1	10	910
	6	7	1	27	1797
	6	8	1	28	1543
	6	9	1	7	1046
	6	10	2	29	2024
	6	11	3	54	2739
	6	12	2	28	1754
	6	13	1	12	1224
	6	14	1	21	1676
	6	15	1	16	1355
	6	16	2	44	1308
	6	17	2	28	2272
	6	18	1	17	1318
	6	19	2	23	1213
	6	20	3	40	2327
	6	21	1	57	1586
	6	22	1	6	769
	6	23	1	29	1809
	6	24	2	32	1898
	6	25	2	8	927
	6	26	2	37	1757
	6	27	2	39	2397
	6	28	1	20	1176
	6	29	2	30	1446
	6	30	1	38	1600

ANEXO 9

“Numero de tallos y tubérculos por planta del riego continuo”

Bloque 1.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego continuo	1	1	4	39	2144
	1	2	1	19	1243
	1	3	2	20	1379
	1	4	2	28	1478
	1	5	3	39	1386
	1	6	4	56	1459
	1	7	2	22	1739
	1	8	4	40	2791
	1	9	1	8	1086
	1	10	1	17	979
	1	11	4	45	3209
	1	12	3	39	2363
	1	13	3	36	1514
	1	14	2	18	1001
	1	15	3	33	2046
	1	16	2	27	1632
	1	17	3	45	1271
	1	18	5	78	2548
	1	19	2	23	1205
	1	20	3	38	1514
	1	21	1	19	1172
	1	22	1	18	958
	1	23	4	49	1259
	1	24	1	20	1796
	1	25	1	41	1528
	1	26	2	24	962
	1	27	3	31	1105
	1	28	3	30	1744
	1	29	3	32	3300
	1	30	3	25	2079

Bloque 2.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego continuo	2	1	4	40	3004
	2	2	1	14	1229
	2	3	2	23	1007
	2	4	4	53	2117
	2	5	2	36	921
	2	6	1	7	676
	2	7	3	27	1943
	2	8	2	17	903
	2	9	3	36	2907
	2	10	1	7	838
	2	11	4	40	3121
	2	12	2	16	838
	2	13	4	59	2115
	2	14	3	32	1514
	2	15	2	16	1409
	2	16	4	31	1506
	2	17	3	28	1273
	2	18	4	44	2089
	2	19	1	11	935
	2	20	3	30	1925
	2	21	2	12	842
	2	22	3	29	1269
	2	23	3	28	2274
	2	24	2	14	1876
	2	25	2	15	970
	2	26	2	24	1119
	2	27	4	50	2675
	2	28	2	19	936
	2	29	4	43	1822
	2	30	3	43	1834

Bloque 3.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego continuo	3	1	2	20	1474
	3	2	4	38	2065
	3	3	1	7	965
	3	4	3	24	1372
	3	5	2	19	1297
	3	6	4	35	1394
	3	7	3	21	1208
	3	8	1	9	705
	3	9	3	29	1749
	3	10	1	9	978
	3	11	3	44	2305
	3	12	3	33	1806
	3	13	2	23	963
	3	14	2	23	1585
	3	15	3	36	1434
	3	16	1	13	852
	3	17	3	32	2385
	3	18	2	22	763
	3	19	2	21	2278
	3	20	2	21	1554
	3	21	3	42	3496
	3	22	1	13	1346
	3	23	3	42	2094
	3	24	1	14	808
	3	25	2	21	1176
	3	26	3	31	1780
	3	27	2	24	1463
	3	28	2	16	1566
	3	29	2	19	1188
	3	30	3	35	1642

Bloque 4.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego continuo	4	1	4	29	1611
	4	2	2	20	964
	4	3	1	11	688
	4	4	2	19	1130
	4	5	3	33	1119
	4	6	1	7	841
	4	7	3	28	880
	4	8	3	24	903
	4	9	2	21	1679
	4	10	3	51	1553
	4	11	1	11	1677
	4	12	2	18	873
	4	13	3	32	1368
	4	14	3	13	736
	4	15	3	31	1746
	4	16	2	16	1159
	4	17	4	40	1414
	4	18	4	37	1546
	4	19	3	25	1024
	4	20	3	24	1232
	4	21	3	30	1318
	4	22	3	30	14612
	4	23	2	19	1360
	4	24	3	25	1167
	4	25	2	14	1120
	4	26	2	14	1375
	4	27	3	29	1199
	4	28	2	23	1503
	4	29	3	29	2008
	4	30	3	34	1710

Bloque 5.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego continuo	5	1	3	18	865
	5	2	2	19	1425
	5	3	4	25	1723
	5	4	3	33	1157
	5	5	2	15	1040
	5	6	2	23	943
	5	7	2	27	1163
	5	8	2	28	1059
	5	9	2	13	1048
	5	10	3	26	1517
	5	11	4	32	1911
	5	12	2	17	805
	5	13	3	29	1692
	5	14	2	14	1285
	5	15	2	20	985
	5	16	3	28	1370
	5	17	2	12	1120
	5	18	3	12	1020
	5	19	1	25	1227
	5	20	4	70	3383
	5	21	2	15	729
	5	22	3	45	1446
	5	23	2	22	709
	5	24	1	15	761
	5	25	2	22	1189
	5	26	2	24	785
	5	27	2	24	1227
	5	28	2	15	964
	5	29	3	23	894
	5	30	2	25	1552

Bloque 6.

Tratamiento	Bloque	#planta	#tallos/planta	#tubérculos/planta	Peso (g/planta)
Riego continuo	6	1	1	3	638
	6	2	1	15	1236
	6	3	2	21	1443
	6	4	1	12	1144
	6	5	2	23	1279
	6	6	1	15	1868
	6	7	1	13	1369
	6	8	3	35	1887
	6	9	1	13	890
	6	10	2	25	2473
	6	11	2	27	1196
	6	12	1	7	1100
	6	13	1	15	1301
	6	14	1	20	1240
	6	15	3	30	1406
	6	16	2	21	1222
	6	17	1	14	943
	6	18	2	16	520
	6	19	3	24	1388
	6	20	2	22	1117
	6	21	2	12	1306
	6	22	1	10	696
	6	23	2	17	866
	6	24	2	18	1044
	6	25	2	22	908
	6	26	2	13	885
	6	27	2	25	1246
	6	28	1	20	1331
	6	29	1	26	812
	6	30	1	6	872

ANEXO 10

“Rendimiento de tubérculos comerciales, no comerciales y totales (g/planta), del riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente”

Bloque 1.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	1	1	2023	331	2354
	1	2	1117	155	1272
	1	3	1097	430	1527
	1	4	1866	350	2216
	1	5	1311	281	1592
	1	6	1056	491	1547
	1	7	1399	386	1785
	1	8	764	612	1376
	1	9	1662	318	1980
	1	10	1144	320	1464
	1	11	1778	470	2248
	1	12	1580	1021	2601
	1	13	839	405	1244
	1	14	1063	597	1660
	1	15	1182	604	1786
	1	16	1095	642	1737
	1	17	1602	227	1829
	1	18	1219	111	1330
	1	19	1679	509	2188
	1	20	1486	189	1675
	1	21	1381	118	1499
	1	22	1715	424	2139
	1	23	1387	347	1734
	1	24	1609	125	1734
	1	25	2026	552	2578
	1	26	1572	228	1800
	1	27	623	1129	1752
	1	28	1251	419	1670
	1	29	1037	259	1296
	1	30	1294	345	1639

Bloque 2.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	2	1	1328	129	1457
	2	2	1325	355	1680
	2	3	677	335	1012
	2	4	864	350	1214
	2	5	1021	453	1474
	2	6	1363	367	1730
	2	7	1522	226	1748
	2	8	993	901	1894
	2	9	1574	366	1940
	2	10	1350	226	1576
	2	11	1429	437	1866
	2	12	1482	619	2101
	2	13	942	574	1516
	2	14	1059	639	1698
	2	15	1333	108	1441
	2	16	973	547	1520
	2	17	718	1206	1924
	2	18	1390	285	1675
	2	19	1473	482	1955
	2	20	1147	221	1368
	2	21	1012	500	1512
	2	22	1052	441	1493
	2	23	1158	406	1564
	2	24	656	681	1337
	2	25	1479	766	2245
	2	26	1813	438	2251
	2	27	1247	514	1761
	2	28	1515	114	1629
	2	29	1119	653	1772
	2	30	728	800	1528

Bloque 3.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	3	1	1769	710	2479
	3	2	1919	467	2386
	3	3	2467	258	2725
	3	4	1450	924	2374
	3	5	1217	254	1471
	3	6	945	828	1773
	3	7	832	617	1449
	3	8	1391	84	1475
	3	9	1168	521	1689
	3	10	997	198	1195
	3	11	633	510	1143
	3	12	1273	222	1495
	3	13	1082	440	1522
	3	14	941	533	1474
	3	15	1425	316	1741
	3	16	1134	311	1445
	3	17	1432	627	2059
	3	18	1079	351	1430
	3	19	2298	268	2566
	3	20	1662	989	2651
	3	21	1029	414	1443
	3	22	1187	552	1739
	3	23	980	396	1376
	3	24	1411	702	2113
	3	25	1310	412	1722
	3	26	1046	468	1514
	3	27	1063	257	1320
	3	28	1262	354	1616
	3	29	822	581	1403
	3	30	1196	509	1705

Bloque 4.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	4	1	1189	253	1442
	4	2	1023	515	1538
	4	3	1404	201	1605
	4	4	938	352	1290
	4	5	1116	251	1367
	4	6	1430	340	1770
	4	7	1043	562	1605
	4	8	1247	437	1684
	4	9	1109	317	1426
	4	10	1134	333	1467
	4	11	1027	400	1427
	4	12	652	751	1403
	4	13	483	853	1336
	4	14	487	1093	1580
	4	15	1136	504	1640
	4	16	1161	721	1882
	4	17	1231	319	1550
	4	18	1460	83	1543
	4	19	1132	177	1309
	4	20	1109	406	1515
	4	21	1179	357	1536
	4	22	1200	385	1585
	4	23	1128	476	1604
	4	24	916	433	1349
	4	25	1386	467	1853
	4	26	858	840	1698
	4	27	891	620	1511
	4	28	790	518	1308
	4	29	1424	211	1635
	4	30	1053	529	1582

Bloque 5.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	5	1	1491	1035	2526
	5	2	1834	280	2114
	5	3	1033	486	1519
	5	4	843	387	1230
	5	5	1433	287	1720
	5	6	800	1163	1963
	5	7	1262	309	1571
	5	8	892	618	1510
	5	9	1566	152	1718
	5	10	1249	376	1625
	5	11	1722	654	2376
	5	12	1530	843	2373
	5	13	1192	412	1604
	5	14	1167	96	1263
	5	15	1548	167	1715
	5	16	948	507	1455
	5	17	827	501	1328
	5	18	965	555	1520
	5	19	899	498	1397
	5	20	1138	274	1412
	5	21	1121	417	1538
	5	22	1013	441	1454
	5	23	619	816	1435
	5	24	753	696	1449
	5	25	1116	223	1339
	5	26	887	791	1678
	5	27	92	1817	1909
	5	28	417	871	1288
	5	29	1091	907	1998
	5	30	1044	1312	2356

Bloque 6.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego parcial de la zona de raíces con riego intermitente	6	1	951	394	1345
	6	2	1740	116	1856
	6	3	774	1017	1791
	6	4	664	686	1350
	6	5	718	1126	1844
	6	6	1146	467	1613
	6	7	819	498	1317
	6	8	1594	445	2039
	6	9	1273	511	1784
	6	10	1083	289	1372
	6	11	1410	213	1623
	6	12	1171	856	2027
	6	13	1153	677	1830
	6	14	1245	366	1611
	6	15	1418	385	1803
	6	16	888	370	1258
	6	17	1172	659	1831
	6	18	1140	1143	2283
	6	19	1165	588	1753
	6	20	687	876	1563
	6	21	1497	456	1953
	6	22	1548	164	1712
	6	23	1257	481	1738
	6	24	1213	596	1809
	6	25	243	1207	1450
	6	26	728	882	1610
	6	27	1038	484	1522
	6	28	393	1332	1725
	6	29	1401	338	1739
	6	30	1646	415	2061

ANEXO 11

“Rendimiento de tubérculos comerciales, no comerciales y totales (g/planta), del riego intermitente”

Bloque 1.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego intermitente	1	1	2201	313	2514
	1	2	780	532	1312
	1	3	1176	208	1384
	1	4	1440	297	1737
	1	5	545	1385	1930
	1	6	931	246	1177
	1	7	1029	178	1207
	1	8	706	480	1186
	1	9	760	526	1286
	1	10	515	690	1205
	1	11	662	560	1222
	1	12	952	1036	1988
	1	13	519	603	1122
	1	14	898	249	1147
	1	15	843	436	1279
	1	16	1322	894	2216
	1	17	1268	848	2116
	1	18	676	1374	2050
	1	19	756	601	1357
	1	20	1176	547	1723
	1	21	1006	215	1221
	1	22	842	594	1436
	1	23	791	435	1226
	1	24	1031	248	1279
	1	25	934	265	1199
	1	26	877	581	1458
	1	27	760	360	1120
	1	28	830	364	1194
	1	29	841	470	1311
	1	30	1447	833	2280

Bloque 2.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego intermitente	2	1	1214	405	1619
	2	2	694	1232	1926
	2	3	1288	1136	2424
	2	4	962	841	1803
	2	5	1148	234	1382
	2	6	1912	751	2663
	2	7	966	383	1349
	2	8	874	265	1139
	2	9	811	1308	2119
	2	10	911	577	1488
	2	11	1274	784	2058
	2	12	915	803	1718
	2	13	987	256	1243
	2	14	1531	240	1771
	2	15	1351	142	1493
	2	16	1059	382	1441
	2	17	673	690	1363
	2	18	637	759	1396
	2	19	1285	74	1359
	2	20	890	219	1109
	2	21	1848	600	2448
	2	22	1098	344	1442
	2	23	763	472	1235
	2	24	1176	766	1942
	2	25	1041	146	1187
	2	26	924	430	1354
	2	27	1251	269	1520
	2	28	1574	323	1897
	2	29	1588	607	2195
	2	30	1027	716	1743

Bloque 3.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego intermitente	3	1	1322	480	1802
	3	2	1082	324	1406
	3	3	1085	657	1742
	3	4	1194	224	1418
	3	5	1026	501	1527
	3	6	437	660	1097
	3	7	1062	418	1480
	3	8	1175	60	1235
	3	9	1235	257	1492
	3	10	1119	178	1297
	3	11	1366	694	2060
	3	12	791	444	1235
	3	13	1275	56	1331
	3	14	932	469	1401
	3	15	613	1143	1756
	3	16	818	222	1040
	3	17	1078	795	1873
	3	18	657	266	923
	3	19	705	553	1258
	3	20	639	471	1110
	3	21	1198	1062	2260
	3	22	781	1199	1980
	3	23	320	886	1206
	3	24	535	527	1062
	3	25	649	687	1336
	3	26	954	150	1104
	3	27	1559	280	1839
	3	28	632	1306	1938
	3	29	413	803	1216
	3	30	1091	430	1521

Bloque 4.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego intermitente	4	1	997	1107	2104
	4	2	771	484	1255
	4	3	854	940	1794
	4	4	1233	602	1835
	4	5	1470	461	1931
	4	6	682	807	1489
	4	7	916	379	1295
	4	8	948	203	1151
	4	9	230	885	1115
	4	10	851	333	1184
	4	11	1258	136	1394
	4	12	985	395	1380
	4	13	1059	178	1237
	4	14	1127	114	1241
	4	15	1330	233	1563
	4	16	1116	251	1367
	4	17	1167	299	1466
	4	18	942	227	1169
	4	19	1112	69	1181
	4	20	1304	84	1388
	4	21	1478	77	1555
	4	22	472	846	1318
	4	23	1281	184	1465
	4	24	775	481	1256
	4	25	812	672	1484
	4	26	1127	404	1531
	4	27	1174	365	1539
	4	28	1193	792	1985
	4	29	1306	137	1443
	4	30	862	544	1406

Bloque 5.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego intermitente	5	1	1782	615	2397
	5	2	923	399	1322
	5	3	358	465	823
	5	4	558	497	1055
	5	5	1025	653	1678
	5	6	1083	319	1402
	5	7	182	451	633
	5	8	1369	1170	2539
	5	9	947	128	1075
	5	10	737	227	964
	5	11	1099	335	1434
	5	12	655	1495	2150
	5	13	781	582	1363
	5	14	700	591	1291
	5	15	203	598	801
	5	16	812	765	1577
	5	17	787	562	1349
	5	18	614	669	1283
	5	19	1167	527	1694
	5	20	845	307	1152
	5	21	258	810	1068
	5	22	933	935	1868
	5	23	800	229	1029
	5	24	104	707	811
	5	25	825	89	914
	5	26	1332	114	1446
	5	27	1009	497	1506
	5	28	1824	1388	3212
	5	29	800	555	1355
	5	30	1633	771	2404

Bloque 6.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego intermitente	6	1	3378	0	3378
	6	2	1624	1133	2757
	6	3	135	266	401
	6	4	1499	486	1985
	6	5	1538	511	2049
	6	6	810	100	910
	6	7	1312	485	1797
	6	8	1081	462	1543
	6	9	994	52	1046
	6	10	1592	432	2024
	6	11	1654	1085	2739
	6	12	1024	730	1754
	6	13	1066	158	1224
	6	14	1217	459	1676
	6	15	1032	323	1355
	6	16	547	761	1308
	6	17	1516	756	2272
	6	18	783	535	1318
	6	19	592	621	1213
	6	20	1354	973	2327
	6	21	972	614	1586
	6	22	717	52	769
	6	23	1143	666	1809
	6	24	1093	805	1898
	6	25	867	60	927
	6	26	925	832	1757
	6	27	1747	650	2397
	6	28	816	360	1176
	6	29	845	601	1446
	6	30	881	719	1600

ANEXO 12

“Rendimiento de tubérculos comerciales, no comerciales y totales (g/planta), del riego continuo”

Bloque 1.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego continuo	1	1	1404	740	2144
	1	2	668	575	1243
	1	3	956	417	1373
	1	4	949	529	1478
	1	5	505	881	1386
	1	6	386	1073	1459
	1	7	1225	514	1739
	1	8	2018	773	2791
	1	9	989	97	1086
	1	10	696	283	979
	1	11	2387	822	3209
	1	12	1318	1045	2363
	1	13	567	947	1514
	1	14	724	277	1001
	1	15	1143	903	2046
	1	16	1150	482	1632
	1	17	0	1271	1271
	1	18	1169	1379	2548
	1	19	805	400	1205
	1	20	819	695	1514
	1	21	777	395	1172
	1	22	599	359	958
	1	23	123	1136	1259
	1	24	1745	51	1796
	1	25	299	1229	1528
	1	26	118	844	962
	1	27	412	693	1105
	1	28	1260	484	1744
	1	29	3219	81	3300
	1	30	1408	671	2079

Bloque 2.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego continuo	2	1	1758	1246	3004
	2	2	929	300	1229
	2	3	417	590	1007
	2	4	1104	1013	2117
	2	5	276	645	921
	2	6	570	106	676
	2	7	1396	547	1943
	2	8	566	337	903
	2	9	2325	582	2907
	2	10	751	87	838
	2	11	2590	531	3121
	2	12	615	223	838
	2	13	774	1341	2115
	2	14	1081	433	1514
	2	15	1219	190	1409
	2	16	940	566	1506
	2	17	893	380	1273
	2	18	1133	956	2089
	2	19	789	146	935
	2	20	1521	404	1925
	2	21	596	246	842
	2	22	800	469	1269
	2	23	1641	633	2274
	2	24	1784	92	1876
	2	25	682	288	970
	2	26	465	654	1119
	2	27	1914	761	2675
	2	28	456	480	936
	2	29	500	1322	1822
	2	30	1391	443	1834

Bloque 3.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego continuo	3	1	828	646	1474
	3	2	926	1139	2065
	3	3	953	12	965
	3	4	708	664	1372
	3	5	591	706	1297
	3	6	623	771	1394
	3	7	796	412	1208
	3	8	559	146	705
	3	9	699	1050	1749
	3	10	805	173	978
	3	11	1181	1124	2305
	3	12	744	1062	1806
	3	13	447	516	963
	3	14	1321	264	1585
	3	15	147	1287	1434
	3	16	684	168	852
	3	17	1838	547	2385
	3	18	280	483	763
	3	19	1996	282	2278
	3	20	1095	459	1554
	3	21	2785	711	3496
	3	22	980	366	1346
	3	23	1058	1036	2094
	3	24	441	367	808
	3	25	530	646	1176
	3	26	866	914	1780
	3	27	915	548	1463
	3	28	1417	149	1566
	3	29	551	637	1188
	3	30	572	1070	1642

Bloque 4.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego continuo	4	1	979	632	1611
	4	2	519	445	964
	4	3	497	191	688
	4	4	627	503	1130
	4	5	164	955	1119
	4	6	660	181	841
	4	7	237	643	880
	4	8	208	695	903
	4	9	1104	574	1678
	4	10	195	1358	1553
	4	11	1336	341	1677
	4	12	409	464	873
	4	13	566	802	1368
	4	14	425	311	736
	4	15	800	946	1746
	4	16	908	251	1159
	4	17	307	1107	1414
	4	18	448	1098	1546
	4	19	545	479	1024
	4	20	577	655	1232
	4	21	172	1146	1318
	4	22	689	772	1461
	4	23	705	655	1360
	4	24	0	1167	1167
	4	25	605	515	1120
	4	26	1076	299	1375
	4	27	228	971	1199
	4	28	894	609	1503
	4	29	1322	686	2008
	4	30	855	855	1710

Bloque 5.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego continuo	5	1	156	709	865
	5	2	976	449	1425
	5	3	989	734	1723
	5	4	221	936	1157
	5	5	567	473	1040
	5	6	527	416	943
	5	7	360	803	1163
	5	8	665	394	1059
	5	9	906	142	1048
	5	10	837	680	1517
	5	11	1015	896	1911
	5	12	383	422	805
	5	13	688	1004	1692
	5	14	927	358	1285
	5	15	490	495	985
	5	16	464	906	1370
	5	17	904	216	1120
	5	18	808	212	1020
	5	19	548	679	1227
	5	20	1694	1689	3383
	5	21	364	365	729
	5	22	545	901	1446
	5	23	74	635	709
	5	24	432	329	761
	5	25	576	613	1189
	5	26	467	318	785
	5	27	308	619	927
	5	28	748	216	964
	5	29	327	567	894
	5	30	866	686	1552

Bloque 6.

Tratamiento	Bloque	#planta	Rendimiento comercial (g/planta)	Rendimiento no comercial (g/planta)	Rendimiento total (g/planta)
Riego continuo	6	1	638	0	638
	6	2	1118	118	1236
	6	3	647	796	1443
	6	4	868	276	1144
	6	5	682	597	1279
	6	6	1798	70	1868
	6	7	1017	352	1369
	6	8	1237	650	1887
	6	9	731	159	890
	6	10	2343	130	2473
	6	11	664	532	1196
	6	12	1085	15	1100
	6	13	963	337	1300
	6	14	878	362	1240
	6	15	972	434	1406
	6	16	1035	187	1222
	6	17	809	134	943
	6	18	181	339	520
	6	19	931	457	1388
	6	20	691	426	1117
	6	21	870	436	1306
	6	22	425	270	695
	6	23	461	405	866
	6	24	329	715	1044
	6	25	289	619	908
	6	26	597	288	885
	6	27	872	374	1246
	6	28	1002	329	1331
	6	29	520	292	812
	6	30	857	15	872

ANEXO 13
“Imágenes fotográficas”



Campo experimental a los 15 días después de la siembra.



Aplicación del primer riego experimental del tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.



Aporque y fertilización del campo experimental.



Rendimiento total por planta del tratamiento de riego parcial de la zona de raíces con intermitencia.