

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

Determinación del consumo real de agua potable para el riego de áreas verdes en edificaciones, realizada en la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I, distrito de Puente Piedra

Para obtener el título profesional de Ingeniero Sanitario

Elaborado por

Nemias Leoncio Silva Cerna

 [0009-0002-7259-4103](https://orcid.org/0009-0002-7259-4103)

Asesor:

ING. Roger Edmundo Salazar Gavelán

 [0009-0002-4663-4888](https://orcid.org/0009-0002-4663-4888)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Silva Cerna [1]
Referencia/Reference	[1] N. Silva Cerna, " <i>Determinación del consumo real de agua potable para el riego de áreas verdes en edificaciones, realizada en la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I, distrito de Puente Piedra</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Silva, 2025)
Referencia/Reference	Silva, N. (2025). <i>Determinación del consumo real de agua potable para el riego de áreas verdes en edificaciones, realizada en la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I, distrito de Puente Piedra</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Con profunda gratitud, consagro este trabajo a nuestro supremo creador, Jehová, cuya guía y misericordia son una fuente inagotable de fortaleza y sabiduría en cada paso de mi vida.

A mi madre, Julia Cerna, y a mi padre, Leoncio Silva, cuya dedicación, sacrificio y valores inculcados fueron el cimiento sobre el cual construí mis aspiraciones y logros. Su inquebrantable apoyo, amor incondicional y ejemplo de perseverancia son el motor que impulsa mi desarrollo personal y profesional.

Agradecimiento

Con profunda gratitud, me gustaría agradecer a todos los que han contribuido de forma sustancial a la creación de este proyecto de investigación.

Agradezco a Dios cuya guía y fortaleza me sostuvieron durante los momentos difíciles permitiéndome superar cada obstáculo y seguir con determinación y pasos firmes.

Agradezco a mis padres Julia y Leoncio por el esfuerzo de haberme apoyado en todo mi camino profesional de igual manera a mi hermano Juan y mi tía Apolonia.

Agradezco de manera especial al Ing. Roger Salazar, por su trascendental cooperación en la orientación del presente trabajo de investigación. Su orientación y consejos fueron claves en el desarrollo de la investigación.

Finalmente extendiendo mi agradecimiento y reconocimiento al personal de mantenimiento del colegio Kumamoto por su apoyo, a mis amigos que contribuyeron con el desarrollo del presente trabajo.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en la Institución Educativa 3092 - Kumamoto I, ubicada en el distrito de Puente Piedra, Lima. Con el objetivo de determinar el consumo real del agua potable utilizada para el riego de áreas verdes.

Para ello, se implementaron cinco parcelas experimentales de césped americano, aplicando diferentes dosis de riego. Las dotaciones evaluadas fueron 0.5, 1, 2, 3 y 4 L/m²/día, con intervalos de riego de 1, 2 y 3. La investigación se realizó durante la temporada de mayor demanda hídrica en Lima (verano).

Los resultados indican que, con riego diario, el césped mantiene una calidad óptima con una dotación igual o superior a 3 L/m²/día, lo que no concuerda con lo establecido en la Norma IS 010, que establece el valor de 2L/m²/día. Posteriormente, se aplicó riego con frecuencia interdiaria por 3 semanas, en los cuales se obtuvo una dosis 6 L/m² para mantener la calidad del césped.

Al aplicar riego con frecuencia de 3 días. En este caso las parcelas con dosis de 36 a 48 L/m² fueron suficientes para mantener la calidad del césped, finalmente se realizó un riego con frecuencia de 4 días, las dosis altas de 48 y 64 L/m² ayudaron a mitigar los efectos de la frecuencia de riego, sin embargo, fue insuficiente para mantener la calidad optima del césped.

Se determina que el consumo superior a 3 L/m²/día son necesarios para mantener un césped de calidad bajo condiciones de alta demanda hídrica en Lima.

Palabra clave - Dosis de riego, calidad óptima, consumo, frecuencia de riego

Abstract

This research was carried out at the Educational Institution 3092 - Kumamoto I, located in the district of Puente Piedra, Lima. The objective was to determine the actual consumption of drinking water used for irrigation of green areas.

To do this, five experimental plots of American grass were implemented, applying different irrigation doses. The evaluated doses were 0.5, 1, 2, 3 and 4 L/m²/day, with irrigation intervals of 1, 2 and 3. The research was carried out during the season of greatest water demand in Lima (summer).

The results indicate that, with daily irrigation, the grass maintains optimal quality with a dose equal to or greater than 3 L/m²/day, which does not agree with what is established in the IS 010 Standard, which establishes the value of 2L/m²/day. Subsequently, irrigation was applied every other day for 3 weeks, in which a dose of 6 L/m² was obtained to maintain the quality of the grass.

When applying irrigation with a frequency of 3 days. In this case, the plots with doses of 36 to 48 L/m² were sufficient to maintain the quality of the grass. Finally, irrigation was carried out with a frequency of 4 days. The high doses of 48 and 64 L/m² helped mitigate the effects of the irrigation frequency, however, it was insufficient to maintain the optimal quality of the grass.

It is determined that consumption greater than 3 L/m²/day is necessary to maintain a quality grass under conditions of high water demand in Lima.

Keywords - Irrigation dose, optimal quality, consumption, irrigation frequency

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xvi
Capitulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	1
1.2.1 Identificación del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema	3
1.2.3 Justificación del Problema	3
1.3 Objetivos del estudio.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3.3 Hipótesis.....	6
1.4 Antecedentes investigativos.....	7
Capitulo II. Marcos teórico y conceptual.....	10
2.1 Marco teórico.....	10
2.1.1 Abastecimiento de agua para Lima.....	10
2.1.2 Problemática de agua de regadío en Lima Metropolitana	12
2.2 Marco conceptual	12
2.2.1 Agua potable	12
2.2.2 Agua residual.....	12

2.2.3	Suministro de agua para áreas verdes en Lima	13
2.2.4	Áreas verdes	13
2.2.5	Consumo de agua en instituciones educativas	14
2.2.6	El jardín como usuario de agua	14
2.2.7	Necesidades hídricas del jardín	14
2.2.8	Plantas con mesuradas necesidades hídricas	15
2.2.9	Césped	16
2.2.10	Técnica de riego	17
2.2.11	Sistema Riego	17
2.2.12	Dosis de riego.....	18
2.2.13	Dosis neta de riego.....	18
2.2.14	Tipos de riego	19
2.2.15	Riego mediante aspersion	20
2.2.16	Eficiencia del sistema de riego.....	21
2.2.17	Evapotranspiración	21
2.2.18	Propiedades de los suelos.....	23
2.2.19	Humedad del suelo.....	24
2.2.20	Capacidad de retención de agua en el suelo	25
2.2.21	Punto crítico de marchitez	25
2.2.22	Análisis de la humedad del suelo.....	26
2.3	Proceso de análisis jerárquico	27
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		29
3.1	Nivel y tipo de investigación.....	29

3.2	Ubicación de investigación	29
3.3	Descripción general del área de experimentación.....	32
3.3.1	Especificaciones del área experimental	32
3.3.2	Factores del suelo	33
3.4	Propiedades del agua utilizada en riego	34
3.4.1	Descripción del tiempo atmosférico	35
3.5	Proceso de la investigación	36
3.6	Variables cuantitativas.....	37
3.6.1	Dosis de riego aplicado.....	37
3.6.2	Contenido de humedad del suelo	38
3.6.3	Peso de hojas podadas	39
3.7	Variables Cualitativas	40
3.7.1	Color.....	40
3.7.2	Análisis de Cobertura.....	41
3.7.3	Parámetro Uniformidad.....	43
3.8	Procedimiento de campo	45
3.8.1	Instalación de las parcelas experimentales.....	45
3.9	Equipamiento y materiales utilizados	47
Capitulo IV. Análisis y discusión de resultados		49
4.1	Análisis de agua	49
4.1.1	Parámetros medidos del agua	49
4.2	Estudio del suelo	50
4.2.1	Evaluación de las características físicas	50

4.2.2	Características químicas.....	50
4.3	Determinación de la dosis de riego	53
4.3.1	Riego con frecuencia diaria.....	54
4.3.2	Riego con frecuencia interdiaria.....	54
4.3.3	Riego con frecuencia de riego de tres días	55
4.3.4	Riego con frecuencia de riego de cuatro días	55
4.4	Contenido de humedad del suelo	56
4.4.1	Humedad medida con frecuencia de un día.....	56
4.4.2	Humedad medida con frecuencia de dos días	58
4.4.3	Humedad medida con frecuencia de tres días	60
4.4.4	Humedad medida con frecuencia de cuatro días	63
4.5	Peso de hojas podadas	65
4.5.1	Pesado de hojas en la primera etapa.....	65
4.5.2	Pesado de hojas en la segunda etapa	65
4.5.3	Pesado de hojas en la tercera etapa.....	66
4.5.4	Pesado de hojas en la cuarta etapa.....	67
4.6	Evaluación cualitativa del césped	69
4.6.1	Evaluación del color con frecuencia de riego diario	70
4.6.2	Evaluación del color con frecuencia de riego interdiario.....	75
4.6.3	Evaluación del color de frecuencia de tres días	79
4.6.4	Evaluación del color con frecuencia de riego de cuatro días.....	83
4.7	Uniformidad	88
4.7.1	Evaluación de la uniformidad con frecuencia de riego diario.....	88

4.7.2	Evaluación de uniformidad con frecuencia de riego interdiario.....	92
4.7.3	Evaluación de la uniformidad con frecuencia de riego de tres días	95
4.7.4	Evaluación de uniformidad con frecuencia de riego de cuatro días.....	99
	Conclusiones	104
	Recomendaciones	108
	Referencias bibliográficas	109
	Anexos.....	113

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Análisis en el suelo de las parcelas experimentales.....	33
Tabla 2: Características hídricas del suelo de la zona experimental	33
Tabla 3: Análisis de parámetros de agua de riego	34
Tabla 4: Condiciones climáticas presentes durante la investigación	35
Tabla 5: Tabla de evaluación del color de las parcelas experimentales	41
Tabla 6: Análisis, cobertura.....	42
Tabla 7: Análisis de uniformidad	43
Tabla 8: Características del agua potable para las parcelas experimentales	49
Tabla 9: Análisis mecánico de suelo de la zona de parcelas, (29/11/2023).....	50
Tabla 10: Análisis químico del suelo de la zona de parcelas, (29/11/2023).....	51
Tabla 11: Análisis de suelo de la zona de parcelas experimentales, (29/11/2023).....	52
Tabla 12: Dotación de riego aplicada a las parcelas experimentales	53
Tabla 13: Dosis de riego con frecuencia diaria.....	54
Tabla 14: Dosis de riego con frecuencia interdiario.....	54
Tabla 15: Dosis de riego con frecuencia de tres días.....	55
Tabla 16: Dosis de riego con intervalos de cuatro días	55
Tabla 17: Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 01 día)	56
Tabla 18: Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 02 día)	59
Tabla 19: Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 03 día)	61
Tabla 20: Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 04 día)	63
Tabla 21: Peso de las parcelas, primera etapa, con frecuencia de riego diario	65
Tabla 22: Peso de las parcelas, segunda etapa, con frecuencia interdiaria	66
Tabla 23: Peso de las parcelas, etapa tercera, con frecuencia de riego de tres días	67
Tabla 24: Peso de las parcelas, cuarta etapa, con frecuencia de riego de tres días	68
Tabla 25: Tabla de evaluación del color de las parcelas experimentales	70

Tabla 26: Resultado de la evaluación del color	72
Tabla 27: Resultado de la evaluación del color con frecuencia de riego de 2 días.....	76
Tabla 28: Resultado de la evaluación del color con frecuencia de riego de 3 días.....	80
Tabla 29: Resultado de la evaluación del color con frecuencia de riego de 4 días	85
Tabla 30: Tabla de evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales.....	88
Tabla 31: Resultados de uniformidad en función de la frecuencia diaria de riego.	89
Tabla 32: Resultado de uniformidad en función de la frecuencia interdiaria de riego	92
Tabla 33: Resultado de la uniformidad, frecuencia de riego de tres días	96
Tabla 34 : Resultado de la uniformidad, frecuencia de riego de cuatro días	100

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Zona hídrica Chillón – Rímac.....	11
Figura 2: Contenido de agua en texturas de suelo.....	26
Figura 3: Localización del área de Investigación en el Colegio Kumamoto I.....	30
Figura 4: I.E. 3092 Kumamoto distrito de Puente Piedra, sector Laderas de Chillón.....	30
Figura 5: Distribución de las parcelas experimentales de dimensiones (2mx2m).....	31
Figura 6: Distribución de parcelas experimentales.....	32
Figura 7: Contenido de humedad, para el riego de frecuencia diaria.....	57
Figura 8: Contenido de humedad, para el riego de frecuencia interdiaria.....	59
Figura 9: Contenido de humedad, para el riego de frecuencia de tres días.....	61
Figura 10: Contenido de humedad, para el riego de frecuencia de cuatro días.....	63
Figura 11: Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 2 L/día/4m ²	73
Figura 12: Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 4 L/día/4m ²	73
Figura 13: Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 8 L/día/4m ²	74
Figura 14: Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 12 L/día/4m ²	74
Figura 15: Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 16 L/día/4m ²	75
Figura 16: Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 4 L/día/4m ²	77
Figura 17: Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 8 L/día/4m ²	77
Figura 18: Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 16 L/día/4m ²	78
Figura 19: Color de césped de la Parcela N4, dosis de riego 24 L/día/4m ²	78
Figura 20: Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 32 L/día/4m ²	79
Figura 21: Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 6 L/día/4m ²	81
Figura 22: Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 12 L/día/4m ²	81
Figura 23: Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 24 L/día/4m ²	82
Figura 24: Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 36 L/día/4m ²	82
Figura 25: Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 4 L/día/4m ²	83

Figura 26: Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 8 L/día/4m ²	85
Figura 27: Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 16 L/día/4m ²	86
Figura 28: Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 8 L/día/4m ²	86
Figura 29: Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 48 L/día/4m ²	87
Figura 30: Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 64 L/día/4m ²	87
Figura 31: Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 2 L/día/4m ²	89
Figura 32: Uniformidad de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 4 L/día/4m ²	90
Figura 33: Uniformidad de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 8 L/día/4m ²	90
Figura 34: Uniformidad de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 12 L/día/4m ²	91
Figura 35: Uniformidad de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 16 L/día/4m ²	91
Figura 36: Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 4 L/día/4m ²	93
Figura 37: Uniformidad de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 8 L/día/4m ²	93
Figura 38: Uniformidad de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 16 L/día/4m ²	94
Figura 39: Uniformidad de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 24 L/día/4m ²	94
Figura 40: Uniformidad de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 32 L/día/4m ²	95
Figura 41: Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 6 L/día/4m ²	97
Figura 42: Uniformidad de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 12 L/día/4m ²	97
Figura 43: Uniformidad de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 24 L/día/4m ²	98
Figura 44: Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 36 L/día/4m ²	98
Figura 45: Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 48 L/día/4m ²	99
Figura 46: Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 8 L/día/4m ²	101
Figura 47: Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 16 L/día/4m ²	102
Figura 48: Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 32 L/día/4m ²	102
Figura 49: Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 48 L/día/4m ²	103
Figura 50: Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 64 L/día/4m ²	103

Introducción

La presente investigación fue motivada por una inquietud constante durante mi formación académica sobre las dotaciones de la Norma de Instalaciones Sanitarias en Edificaciones (I.S.010). Especialmente en la dotación de colegios, establecimientos de salud, especialmente para el suministro de agua para superficies verdes. De la revisión literaria revisada, se identificaron discrepancias entre los valores recomendados en diversas fuentes y aquellos estipulados por la norma I.S. 010.

La estimación del agua necesaria para el riego de áreas verdes está vinculada con la superficie total de estas áreas planificadas en distintos tipos de construcciones. Este parámetro resulta clave para calcular la capacidad de almacenamiento en los reservorios, como en el caso de las cisternas de agua potable que se emplean en edificaciones con suministro indirecto. La dotación definida influye directamente en el volumen operativo de estos almacenamientos, impactando en el diseño de los sistemas sanitarios. A pesar de su relevancia, frecuentemente el riego de áreas verdes se lleva a cabo de manera no técnica y sin regulación sobre el volumen de agua utilizado ni la periodicidad del riego, lo que provoca un uso ineficiente del agua potable y aumenta las pérdidas hídricas.

El desarrollo de esta investigación presentó diversos desafíos, desde la recopilación de datos hasta la revisión y validación de los mismos. Cada etapa implicó un proceso riguroso que demandó análisis crítico y atención al detalle. Sin embargo, el apoyo incondicional de mis profesores y familiares fue fundamental para superar cada obstáculo y culminar exitosamente este proyecto. A ellos les expreso mi más sincero agradecimiento, ya que su orientación, conocimientos y palabras de aliento fueron esenciales para mantener la motivación y el compromiso con este proyecto de investigación.

Espero que este trabajo pueda servir como referencia para futuras investigaciones relacionados con las dotaciones contempladas en la Norma de Instalaciones Sanitarias, promoviendo la revisión y actualización de los reglamentos vigentes en torno a la dotación de agua. La adaptación de estos parámetros contribuye a maximizar la eficiencia en la gestión del agua, asegurando construcciones con mayor sostenibilidad.

Finalmente, se presentarán las conclusiones y recomendaciones, acompañadas de gráficos, tablas con los parámetros evaluados y fotografías que ilustrarán y facilitarán la comprensión del desarrollo de la investigación.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Se encontró que diverso trabajo de investigación revelan inconsistencias entre las dotaciones que aparecen en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y las dotaciones encontradas por estos; tal es el caso del riego de áreas verdes, la dotación por cama de hospitales, de alumnos en colegio. Ello nos muestra que los parámetros normativos esenciales para el diseño de sistemas de abastecimiento, no siempre reflejan los consumos reales observadas en las investigaciones. A continuación, se muestran fuentes en las que se abordan a detalle recalcando la importancia de revisar y ajustar valores normativos para de esa manera sincerar los diseños y ser eficientes con la gestión del recurso hídrico.

1.2 Descripción del problema de investigación

1.2.1 Identificación del Problema

Uno de los principales desafíos en la capital es la limitada disponibilidad de agua con la que se cuenta, debido a la ubicación y el clima árido que prevalece a lo largo del año; sin embargo, pese a la escasez hídrica las personas riegan de forma empírica, sin un control adecuado ni conocimientos de la cantidad de agua que realmente necesitan los jardines.

En 1970, el Reglamento Nacional de Construcciones, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 039-70-VI, ya incluía en su Título X una Norma Técnica de diseño de instalaciones sanitarias para edificaciones (S.222 Agua Fría). En el apartado S.222.2 Dotaciones, específicamente en la tabla N.º 14, se estableció una dotación de agua para el riego de áreas verdes de 2 litros por metro cuadrado al día (2 L/día/m²).

Posteriormente, en el 2006, se aprueba el RNE mediante el DS N°011-2006-VIVIENDA; Esta nueva normativa mantuvo el valor de 2 L/m²/día para el riego de áreas verdes en edificaciones, según lo dispuesto en el numeral 2.2, literal u, de la Norma Técnica IS.010 Instalaciones Sanitarias.

De lo mencionado se puede notar que dicho valor viene siendo utilizado a lo largo de 53 años, pese al cambio y la actualización de la normativa, por ende, es preciso indicar que este parámetro es susceptible a variaciones, de factores como las características del suelo, el tipo de vegetación, las condiciones climáticas y el método de riego empleado. Esta rigidez normativa subraya la importancia de realizar estudios específicos que evalúen el consumo real de agua en áreas verdes para garantizar una gestión hídrica eficiente y sostenible.

A raíz de ello durante muchos años se tiene una limitada información acerca del consumo o cantidad de agua potable que requieren las áreas verdes en edificaciones como son, las instituciones educativas que poseen áreas verdes extensas y como es sabido uno de los principales problemas en la localidad de En Lima, el riego de estas áreas suele realizarse de manera intuitiva, a menudo por personal que emplea tiempos variables de riego sin calcular cuánta agua necesita realmente cada espacio verde para su conservación, por lo que se genera un desperdicio del agua potable. Este manejo inadecuado conlleva un desperdicio significativo de agua potable. Si bien esta situación no representaba un problema crítico en décadas anteriores, en la actualidad muchas instituciones educativas enfrentan dificultades de abastecimiento hídrico que afectan sus operaciones.

Aunque la normativa vigente establece una dotación estándar de 2 L/día/m² para el riego de áreas verdes, este valor puede cambiar considerablemente según el tipo de suelo, las especies vegetales, las técnicas de riego y las condiciones climáticas particulares de cada región. Estas variaciones evidencian que el consumo de agua potable no es uniforme en todo el país y debe ser ajustado de acuerdo con las características locales del proyecto.

El desconocimiento de las necesidades hídricas reales para el riego de jardines puede llevar a diseños inadecuados que sobredimensionen las estructuras destinadas al almacenamiento de agua potable, como cisternas y tanques elevados en las instituciones educativas. Este problema se refleja en la automatización de volúmenes de almacenamiento basados exclusivamente en los valores normativos de la IS.010, que

incluye el riego de áreas verdes como un componente. Por ello, resulta esencial recalibrar las dotaciones de riego y optimizar el consumo de agua potable, evitando comprometer el funcionamiento de los sistemas de suministro hídrico en las instituciones educativas.

1.2.2 Formulación del Problema

Problema General

- ¿Cuál es la cantidad de agua potable necesaria para el riego de áreas verdes en edificaciones, específicamente en la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I, ubicado en el distrito de Puente Piedra?

Problemas Específicos

- ¿Cuánta es la dotación diaria de agua potable requerido para el riego de áreas verdes en la institución educativa 3092 – Kumamoto I, en el distrito de Puente Piedra?
- ¿Cuáles son las variaciones entre la dotación de agua establecida por la normativa y el consumo real observado en el riego de las áreas verdes de la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I?
- ¿Cuál es la frecuencia de riego que mantiene la calidad del césped para las áreas verdes de la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I?

1.2.3 Justificación del Problema

De acuerdo con el estudio sobre la crisis del agua realizado por el Fondo de Agua para Lima y Callao (AQUAFONDO) y publicado en su Boletín Virtual de mayo de 2020, el recurso hídrico disponible en las cuencas de Chillón, Rímac y Lurín es ocho veces menor que el “índice de escasez de agua crónica”. Esto evidencia una alarmante situación de “escasez hídrica” en la región.

A pesar de este panorama, se destina una considerable cantidad de agua potable al riego de áreas verdes. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), en el año 2016, la solicitud total de agua para el riego de áreas verdes públicas ascendió a 28.6 hm³. De este volumen, el 39% provino de conductos de riego, el 27% fue suministrado por agua

potable de SEDAPAL, el 17% correspondió a agua subterránea, el 13% se transportó mediante camiones cisterna y solo el 4% fue agua residual tratada.

Por otro lado, según la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA, 2017), en Lima Metropolitana y Callao se riegan aproximadamente 5.7 millones de metros cuadrados de parques y jardines con agua potable. Particularmente, el 100% de las áreas verdes de distritos como Villa María del Triunfo y Breña son regadas exclusivamente con este recurso.

Ante este escenario, entidades como SUNASS y ANA han impulsado investigaciones e iniciativas orientadas a informar y promover el uso eficiente del agua potable en el riego de áreas verdes. Dentro de este contexto, es crucial analizar el consumo en instituciones públicas como los centros educativos, que poseen una significativa cantidad de áreas verdes y que, en su mayoría, son regadas con agua potable.

En el país, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece las dotaciones de agua a considerar en el diseño de sistemas de almacenamiento y distribución. Sin embargo, estas dotaciones carecen de estudios detallados que reflejen las necesidades reales. Esta falta de precisión puede llevar a errores en el diseño de sistemas de almacenamiento y manejo del agua potable en edificaciones.

La presente investigación tiene como objetivo principal aportar información técnica sobre el consumo real de agua para el riego de áreas verdes en la Institución Educativa seleccionada, ubicada en el distrito de Puente Piedra, departamento de Lima. Además, se busca establecer un valor de dotación técnicamente fundamentado que sirva como referencia para futuras proyecciones de infraestructura educativa en Puente Piedra y en otras zonas de Lima. Este valor permitirá diseñar sistemas de almacenamiento más eficientes y acordes con la realidad, contribuyendo a optimizar el uso del agua potable.

Asimismo, los resultados de este estudio podrán servir como base para investigaciones futuras sobre las dotaciones hídricas en áreas verdes, fortaleciendo el conocimiento técnico y promoviendo la sostenibilidad.

La relevancia de esta investigación radica en varios aspectos:

Aspecto técnico: La investigación permitirá obtener un valor específico de dotación de agua para el riego de áreas verdes en instituciones educativas públicas. Esto será un insumo clave para mejorar el diseño de sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable, asegurando su eficiencia y funcionalidad.

Aspecto económico: Comparar el valor obtenido con el estipulado en el RNE permitirá calcular costos de inversión más precisos para proyectos de infraestructura sanitaria. De esta manera, se optimizará la relación costo-beneficio en las edificaciones diseñadas, reduciendo el desperdicio de recursos.

Aspecto educativo: En las instituciones educativas, el riego de áreas verdes se realiza mayoritariamente de manera empírica y mediante métodos de inundación, lo que genera un desperdicio significativo de agua potable. Esta tesis busca fomentar prácticas más sostenibles, aportando conocimiento técnico y promoviendo iniciativas educativas que incentiven el uso eficiente del recurso hídrico. Adicionalmente, se alineará con los esfuerzos de entidades como SUNASS, que han implementado concursos y programas educativos para concientizar a las instituciones sobre la importancia del ahorro de agua.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo General

Establecer el consumo real de agua potable diaria utilizado para el riego de áreas verdes en la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I, ubicada en el distrito de Puente Piedra, Lima.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Medir y calcular el consumo real diario de agua potable en el riego de áreas verdes de la Institución Educativa – Kumamoto I.
- Analizar las características edafológicas del suelo, incluyendo su capacidad de retención hídrica y otras propiedades relacionados con el riego eficiente.
- Encontrar la frecuencia de riego que mantenga la calidad del césped para las áreas verdes la Institución Educativa – Kumamoto I.
- Comparar los resultados obtenidos con las dotaciones establecidas en la norma IS.010 de la norma vigente (RNE) para su adecuación a las condiciones reales.

1.3.3 Hipótesis

El consumo de agua potable para el riego de áreas verdes en la Institución Educativa 3092 – Kumamoto I, ubicado en el distrito de Puente Piedra, excede los 2 L/m²/día establecido en la Norma Técnica vigente (RNE), debido a características específicas del suelo, las condiciones climáticas locales y las prácticas actuales de manejo de riego.

1.4 Antecedentes investigativos

a. Internacional

Una primera referencia es la mostrada en la Norma Mexicana (Instalaciones Hidrosanitarias, 2022), en la sección de dotaciones establece que la cantidad destinada al riego de jardines es de 3 litros por metro cuadrado al día ($L/m^2/día$). Este valor que establece la normativa mexicana difiere notablemente con la dotación establecida por la Norma I.S.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que establece una dotación de $2 L/m^2/día$.

La diferencia de dotaciones mostradas por ambas normas evidencia de realizar estudios locales que permitan definir dotaciones acorde a las particularidades climáticas y ambientales de cada región del país. La disparidad encontrada sugiere actualizar los estándares nacionales para asegurar una gestión más adecuada de las áreas verdes en distintos tipos de edificaciones. La experiencia en México sugiere que incrementar la dotación puede favorecer el desarrollo de jardines más saludables.

Una segunda referencia importante proviene del Periódico Oficial del Órgano de Difusión del Estado de Libre y Soberano de Chiapas, donde se detalla el “Lineamiento para la Revisión y Validación de Proyectos Ejecutivos de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Saneamiento” aplicable a fraccionamientos, conjuntos habitacionales, áreas comerciales, industriales y oficinas gubernamentales. Este documento, publicado por el Sistema Municipal de Tuxtla Gutiérrez, establece que el consumo de agua destinado al riego de parques y jardines debe ser de 5 litros por metro cuadrado al día ($L/m^2/día$).

La normativa de Chiapas resalta una notable diferencia con respecto a los lineamientos vigentes en Perú, donde la dotación establecida es de $2 L/m^2/día$ según la I.S. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta discrepancia subraya la importancia de considerar dotaciones más elevadas para el mantenimiento de áreas verdes, reconociendo su valor en la mejora del entorno urbano y en la reducción de los efectos adversos del cambio climático.

Una tercera referencia relevante proviene de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador, 2011), específicamente en el capítulo 16, que aborda las disposiciones hidrosanitarias. Esta normativa establece, en el apartado de dotaciones para edificaciones de uso específico, que la cantidad de agua destinada al riego de jardines y ornamentación con sistemas de recirculación varía entre 2 y 8 litros por metro cuadrado al día ($L/m^2/día$).

La flexibilidad de esta dotación refleja la necesidad de ajustar el consumo de agua en función de las características del entorno y los requerimientos particulares de cada espacio verde. Según la NEC 2011, este rango permite una gestión más eficiente del recurso hídrico, alineándose con prácticas sostenibles que priorizan el ahorro y la reutilización del agua en proyectos de construcción y urbanización.

b. Nacional

Un cuarta referencia, desarrollado por Sotelo (2018) en su tesis titulada "Cálculo de la cesión de agua para riego de áreas verdes en construcciones", se realizó en la Av. Conf. Int. Este 190, lote 02, Pedregal Alto, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, región Áncash, durante el año 2017. Este trabajo tuvo como propósito principal estimar la cantidad de agua necesaria para el riego eficiente de áreas verdes asociadas a edificaciones en la ciudad de Huaraz.

Para ello, se utilizó información de evapotranspiración correspondiente al año más crítico, 2016, con el fin de determinar los tiempos adecuados de riego. En un área de prueba de $16 m^2$, se instaló un sistema de aspersión y se implementó un dispositivo para registrar la medición del agua. Según la información obtenida, se calculó la dotación de agua necesaria, resultando en 4.785 litros por metro cuadrado al día ($L/m^2/día$). Este valor fue comparado con lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, que especifica una dotación de $2 L/m^2/día$ para este tipo de áreas.

El análisis permitió evidenciar una notable diferencia entre las necesidades hídricas reales y los valores normativos, destacando la importancia de adaptar las regulaciones a las condiciones locales, especialmente en regiones con climas particulares como Huaraz.

Los resultados también subrayan la necesidad de incorporar herramientas más precisas para el diseño y manejo del riego en proyectos de construcción sostenible.

Otro estudio relevante se basa en lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA, normativa que actualmente continúa vigente en el país. En el Título III, denominado "Edificaciones", específicamente en el numeral III.3 sobre "Instalaciones Sanitarias" y la Norma Técnica IS.010, se presentan requisitos básicos para el diseño de sistemas de agua y desagüe en diversas edificaciones, como centros educativos y hospitales. Esta normativa también detalla los criterios para la asignación de agua destinada al riego de áreas verdes, según lo dispuesto en el ítem 2. Agua Fría / 2.2. Dotaciones / literal u). En este contexto, se estipula que la dotación de agua para áreas verdes será de 2 litros por metro cuadrado al día (L/m²/día). Cabe mencionar que esta asignación no incluye superficies pavimentadas, enripiadas ni otras áreas que no estén sembradas.

A pesar de esta regulación, en la actualidad se cuenta con un número limitado de estudios que profundicen en la estimación de la dotación de agua requerida para el riego de áreas verdes en proyectos de construcción, lo que evidencia la necesidad de investigaciones adicionales en este ámbito.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

De acuerdo con el informe de la Autoridad Nacional del Agua (2003), Perú se encuentra en el octavo puesto a nivel global en cuanto a disponibilidad de agua, contando con el 1.89% de las reservas de agua dulce en el mundo. De este porcentaje, solo el 2.5% es apto para el consumo humano.

Lima es la segunda ciudad más extensa situada en un entorno árido, después de El Cairo. La disponibilidad hídrica en El Cairo es de 2830 m³/s gracias al río Nilo, mientras que Lima obtiene agua del río Rímac, con un aporte medio de 26.6 m³/s, siendo responsable del suministro del 80% del agua potable de Lima Metropolitana. El Callao también se abastece del caudal de este río. Además, las reservas hídricas de Lima equivalen a 330 MMC, lo que representa solo el 30% de lo que dispone Bogotá.

En cuanto al acceso al agua potable, aproximadamente el 92% de los habitantes de Lima cuentan con este servicio, lo que implica que cerca de 800 mil personas aún no tienen acceso a agua potable. (AQUAFONDO, 2015)

2.1.1 Abastecimiento de agua para Lima

Según el Fondo de Agua para Lima y Callao (2020), la entidad encargada de gestionar el abastecimiento de agua potable y saneamiento en Lima es el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). Esta organización cuenta con redes de distribución y diversas plantas de tratamiento de agua, permitiendo el suministro a Lima, así como a otras provincias.

Figura 1

Zona hídrica Chillón – Rímac



Fuente: AQUAFONDO

Según (SEDAPAL, 2013), la principal fuente de agua para Lima y Callao es el río Rímac, mientras que los ríos Chillón y Lurín constituyen fuentes complementarias. El caudal promedio del Rímac alcanza 27 m³/s, seguido por el Chillón con 7.8 m³/s y el Lurín con 4.5 m³/s.

2.1.2 Problemática de agua de riego en Lima Metropolitana

El río Rímac es esencial en el abastecimiento de agua para riego en Lima Metropolitana las cuales son aprovechados a lo largo del valle que tiene una longitud de 131 kilómetros. El agua se distribuye en ambos márgenes del río a través de canales de riego de esa manera facilita el acceso de este recurso a zonas de déficit hídrico. Los canales fueron realizados con la idea de abastecer a los campos de cultivos agrícolas en Lima Metropolitana, en la actualidad estos canales vienen siendo utilizados para el riego de jardines y parques debido al incremento desmesurado de la población y la reducción de áreas agrícolas disponibles. (ANA, 2016.)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Agua potable

En la actualidad Lima Metropolitana atraviesa un desafío significativo en la gestión del proceso hídrico para el uso de la población ello está relacionado significativamente con la ubicación de la ciudad, ya que Lima Metropolitana se ubica en la zona desértica del país. A pesar de los esfuerzos por optimizar el uso del recurso hídrico, una gran parte de las superficies verdes en la ciudad, como jardines y vergeles, continúa siendo regada con agua potable.

Según datos de 2019, aproximadamente 5.7 millones de metros cuadrados de áreas verdes se riegan con agua potable que es destinada al consumo de la población (Ambiental, 2019). Por ello se vienen trabajando e implementando alternativas sostenibles para reemplazar la mayor parte de agua potable manejado para el riego tal es el caso del reúso de aguas sobrantes tratadas para de esa manera reducir el estrés hídrico que se presenta.

2.2.2 Agua residual

Según (SEDAPAL, 2023) se indica que el 97% de las aguas residuales crudas son alternadas por 21 PTAR en Lima y Callao, lo cual representa 34 millones de medidas cúbicas de aguas fraccionaria tratada que son para proveer agua a las áreas verdes

existentes en Lima y Callao con lo cual se contribuye a la reducción del uso de agua potable para este fin y optimizar el recurso hídrico; sin embargo, aún hay una significativa brecha para sustituir al agua potable por agua residual tratada.

2.2.3 Suministro de agua para áreas verdes en Lima

De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), en el año 2016, la demanda total de agua destinada al riego de espacios verdes públicos alcanzó 28.6 hm³. Del total, el 39% provino de canales de riego, el 27% fue suministrado por SEDAPAL como agua potable, el 17% correspondió a aguas subterráneas, el 13% se distribuyó a través de camiones cisterna y apenas el 4% consistió en agua residual tratada.

2.2.4 Áreas verdes

La definición de áreas verdes según (IMPLAN, 2012) son espacios abiertos de dominio público esenciales para el desarrollo urbano, ya que son pilares para la sostenibilidad de las ciudades, estos espacios mejoran el aire y sujetan el efecto de isla de calor así mismo proporcionan un entorno recreativo para la tranquilidad físico y emocional de la población.

Según (Limaye, 1996) las áreas verdes urbanas están compuestas por elementos que contribuyen a la estética y funcionalidad ecológica. Estas áreas suelen incluir especies conocidas como el césped y sus diferentes tipos de césped, árboles, así como las plantas perennes. Además de la vegetación las áreas verdes por lo general también incluyen elementos no vivos como, pavimentos, rocas decorativas, obras de arte de concreto. De estas características dependerá la distribución y densidad de la cobertura vegetal tal es el caso de los parques y espacios recreativos que suelen estar cubiertos en su totalidad por césped y en las edificaciones residenciales aproximadamente la mitad del espacio combina césped y otras plantas.

2.2.5 Consumo de agua en instituciones educativas

El consumo de agua en instituciones educativas se clasifica en dos categorías: uso consuntivo y no consuntivo. El uso consuntivo se refiere al agua que participa directamente en un proceso sin ser devuelta al sistema de alcantarillado. Por otro lado, el uso no consuntivo corresponde al agua empleada en actividades cotidianas, que tras ser utilizada se descarga al alcantarillado o se reutiliza. Según Víctor J. y Bourguett, O. et al (2003), el riego de áreas verdes en edificaciones tanto públicas como privadas, incluyendo las instituciones educativas, es un ejemplo de uso consuntivo.

2.2.6 El jardín como usuario de agua

El agua desempeña un papel esencial en los jardines, no solo como elemento decorativo, sino también como un recurso vital para las plantas que los conforman. Es indispensable para procesos clave como la nutrición, la regulación de temperatura y el transporte de nutrientes. Por ello, el riego resulta crucial para preservar y mantener las áreas verdes. El uso de agua potable para regar jardines debe gestionarse de manera eficiente, evitando desperdicios innecesarios.

En las instituciones educativas existen numerosas áreas verdes que son regadas mediante sistemas tradicionales o simplemente utilizando una manguera, lo cual conlleva a la posibilidad de aplicar agua en cantidades superiores a lo requerido por la planta para cubrir sus necesidades, y se produzca una pérdida de agua bastante elevada, si a esto le sumamos algunos géneros con requerimientos hídricos muy altos, el agotamiento de agua en riego de jardines puede alcanzar números significativas. (Consejería de Agricultura y Pesca, 2009)

2.2.7 Necesidades hídricas del jardín

El consumo de agua por los jardines en edificaciones dependerá del tipo de planta; debido a que no todos los vegetales tienen las propias necesidades hídricas, también dependerá de la climatología donde se encuentra como son la radiación solar, lluvia,

temperatura, humedad. Viento, sumado a las características del suelo que determina el almacenamiento de agua útil para las plantas.

Saber exactamente cuánta agua hay que aplicar, cuándo regar y cómo distribuirla uniformemente es esencial para lograr una adecuada calidad de área verde y para que todo el conjunto conserve su belleza con el paso del tiempo. (Consejería de Agricultura y Pesca, 2009)

2.2.8 Plantas con mesuradas necesidades hídricas

Según (Consejería de Agricultura y Pesca, 2009), estas plantas son comúnmente empleada en el diseño de jardines eficientes en el consumo de agua debido a que tiene una resistencia especial al estrés hídrico. Dentro de este grupo se pueden incluir las especies cespitosas. El césped es el elemento más común utilizado en los huertos de edificaciones y parques tanto públicos como privados debido a que crea una serie de mejoras estéticas, sociales y ambientales asimismo origina una gran cantidad de materia orgánica lo cual hace que los suelos mejoren sus propiedades, realiza una gran cantidad de aporte oxígeno a la atmosfera.

Se puede pensar que la diversidad de plantas poco exigentes a nivel de agua es escasa es todo lo contrario ya que existen una gran variedad de plantas que reúnen las condiciones pudiendo des árboles, arbustos, vivaces, trepadoras, tapizantes, hiervas ornamentales, además estos proporcionan un ambiente colorido y vistoso al jardín.

Las especies de plantas que más se consideran para los jardines y áreas verdes son los céspedes debido a que son considerados como especies resistentes al estrés hídrico, podemos encontrar algunas especies como Zoysia japónica, Cynodon dactylon, Festuca arundinacea, Lolium perenne, Poa pratensis, Paspalum vaginatum, Penicetum clandestinum, Stenotaphrum secundatum.

2.2.9 Césped

Según Watson y Dallwitz (2008), los céspedes son plantas Gramíneas, perennes, somero y bastante densos, que se frecuenta como tapiz vegetal herbáceo de insuficiente altura que cubre el área del suelo.

Césped americano

El nombre científico de la presente especie es *Stenotaphrum secundatum*, nativo de las Indias Occidentales, Australia y el sur de México. Hughes (1976)

Es una especie estolonífera formadora de césped, Lo encontramos en muchos jardines y parques, es una planta perenne y robusta cuyo manejo es simple. Se caracteriza por ser un césped para zonas con limitada disponibilidad hídrica, resistente a elevadas temperaturas en verano e invierno puede mantener su color verde incluso cuando se tenga un rango de temperatura de 6-5°C. Es un prototipo de césped cuya mejora es aceptable en zonas en el cual se cuenta con un 50% del total de la luz solar, por lo tanto, se puede desarrollar adecuadamente aun cuando se encuentre en condiciones de sombra modera. Monje (2006)

Son principales candidatas para su disposición y uso en parques y jardines privados y públicos, con fines de uso recreacionales debido a que cubren los requerimientos estéticos y paisajísticos, además de ellos son resistentes al pisoteo. Álvarez (2006)

El césped americano se encuentra ampliamente adaptado a zonas costeras de Lima, donde los suelos son pesados; es tolerante a la sombra y a la brisa salina, por ello es ampliamente usado en parques y jardines de diversas instituciones y entidades públicas. Santos (2018).

2.2.10 Técnica de riego

El procedimiento de riego se refiere al conjunto de métodos y técnicas utilizadas para suministrar agua, asegurando su disponibilidad, almacenamiento, transporte y distribución hacia las áreas que requieren riego. (Santos, L., 2004).

Existen diversos factores de variación al momento de elegir un sistema de riego dentro de las cuales tenemos; la forma y la topografía donde se requiere ubicar el jardín; climatología, es fundamental conocer el tipo de planta a emplearse, la eficacia del agua de riego, el costo que conlleva la instalación, tiempo de riego.

En la actualidad, los sistemas de riego utilizados regularmente en parques y jardines, tanto en públicos como privados, son el de aspersión y el localizado. (Antonio et al., 2007).

El sistema de riego a elegir debe ser el más beneficioso en el aspecto económico y técnico (rendimiento del cultivo), estas variables son diferentes para cada localidad, debido a que las condiciones del suelo (textura y pendiente), calidad y oferta hídrica, no son las mismas, es por ello que desarrollaron una serie de sistemas de riego que van desde riego por gravedad hasta el riego por vaporización, este último es uno de los sistemas más modernos. Todos estos sistemas nos permitirán evitar la deficiencia de exceso de agua aplicada a los cultivos. (Corpeño, 2004).

2.2.11 Sistema Riego

El método más ampliamente utilizado para la planificación del riego es el desarrollado por la FAO. Este enfoque se basa en el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente de cultivo (K_c) como parámetros principales. Es importante señalar que estos parámetros consideran únicamente las características del cultivo, la variabilidad espacial y el estado fenológico, pero no contemplan las particularidades del suelo. (Allen et al., 2006).

El valor del consumo de agua por parte del césped está directamente relacionado con la necesidad hídrica del cultivo. Según Losada (1997), la reposición de agua depende principalmente de dos factores fundamentales:

Evapotranspiración: Es la suma de la evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas. Su magnitud depende de variables climáticas como la temperatura, la radiación solar, el viento y la humedad relativa.

Humedad del suelo: Se refiere a la cantidad de agua disponible en el suelo para el cultivo. Es importante mantener niveles adecuados de humedad para evitar estrés hídrico y garantizar un buen desarrollo del césped.

Estos factores están interrelacionados, y para un manejo eficiente del riego es necesario monitorear tanto la evapotranspiración como el contenido de humedad del suelo. Esto asegura que el césped reciba el agua necesaria para su óptimo crecimiento sin desperdiciar recursos hídricos.

2.2.12 Dosis de riego

Se define la dosis de riego en términos generales como la cantidad de agua que se suministra en cada regadío por cada unidad de área para mantener y favorecer adecuadamente el desarrollo de las áreas verdes (Instituto de Investigación Agropecuaria [INIA],s.f).

2.2.13 Dosis neta de riego

La cantidad neta se define como volumen de agua que realmente debe ser suministrado a las áreas verdes para satisfacer su demanda hídrica, pero ello sin considerar pérdidas de agua por evaporación, drenaje, así como la lluvia. Se satisface la evapotranspiración y la saturación de agua en la franja radicular del cultivo. (Instituto de Investigación Agropecuaria [INIA],s.f.).

2.2.14 Tipos de riego

Riego por superficie o gravedad

Según (iAgua, s.f.) Los sistemas de riego por gravedad o superficie abarcan una variedad de métodos. Entre los más comunes se encuentran por cauces, por adral y fajas. Los sistemas de riego por superficie incluyen las siguientes modalidades:

- Riego por surcos: El agua se filtra suavemente a través de canales o surcos espaciados por igual. Hay dos tipos de surcos: los de nivel, que se disponen dentro de un tabique, y los de pendiente, que se dispersan paralelos entre sí.
- Riego por tablares o canteros: El agua se pulveriza en parcelas llanas y rectangulares que suelen estar rodeadas de caballones o diques que impiden que el agua fluya hacia otros lugares, lo que permite que se estanque y se filtre lentamente en el suelo.
- Riego por fajas: Los ribetes longitudinales dividen el suelo en fajas, o melgas, que son piezas delgadas y rectangulares. Una fina capa de agua se desplaza a lo largo de las fajas, filtrándose a medida que avanza.
- Riego de esparcimiento o por boqueras: En este sistema, las aguas de crecida se desvían mediante conductos y regueras, dispersando sobre los campos de cultivo.
- Riego por alcorque: Se trazan canales de tierra que enlazan pequeños hoyos alrededor de los troncos de los árboles, conocidos como alcorques. Estos se llenan de agua a medición que el agua recorre por las acequias, y es comúnmente utilizado para regar árboles.
- Riego "de careo" en zonas montañosas: Consiste en un canalillo que sigue casi el nivel de la ladera, con salidas pequeñas por donde el agua corre ladera abajo.

- Riego por pozas: Funciona almacenando agua de lluvia en pozas, que queda disponible para las plantas, y es característico en fajas con pendiente y áreas boscosas como los olivares

2.2.15 Riego mediante aspersión

La aplicación de agua a través de pérdidas es la base de estos sistemas de riego. Lluvia en toda la superficie. Ello se realiza mediante la conducción del agua mediante tuberías a presión hasta llegar a los aspersores. Una vez cumplido la disposición del agua por los aspersores, el agua se infiltra en el suelo, quedando favorable para el consumo de las plantas. La infiltración no solo dependerá con la eficiencia del proceso mencionado, también dependerá de las características propias del suelo.

Una vez realizada el fin del aspersor, el agua queda a don de las condiciones climáticas, ello afecta en gran disposición la uniformidad de aplicación al igual que el viento. La vaporización de las gotas de agua antes de llegar al suelo logra evaporarse en cierto grado en ambientes muy cálidos, esto se resuelve controlando el tamaño de las gotas que son emitidas por los pulverizadores. (Martin et al., 2007)

Para conseguir un buen riego por aspersión se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Presión de trabajo de los aspersores.
- Estudio de ls desgastes de carga por fricción las tuberías.
- Aspersores que dispongan el agua homogéneamente y de gotas adecuadas.
- Depósito para la disposición de agua y que de vida al sistema diseñado. (María 2005)

El riego con aspersores es un sistema de riego productivo que posee los siguientes componentes (FUENTES, 2003)

- **Fuente de agua:** Generalmente depende de la disponibilidad de la localidad en que será lugar el proyecto, pudiendo ser estos ríos, lagunas, canales, manantiales, reservorios, etc.

- **Unidad de presión:** Es requerido para los aspersores, se puede dar de dos formas; presurizando la red mediante el uso de bombas de agua y la disponibilidad de carga hidráulica para el funcionamiento correcto del sistema de aspersores.
- **Redes de Tuberías:** Son tuberías usadas para conducir y distribuir el fluido hasta el punto de conexión de los aspersores.
- **Líneas de riego:** Pueden ser tuberías PVC enteradas o mangueras HDPE tendidas en la superficie del terreno, los diámetros a utilizar serán calculados de tal manera que se garantice una presión residual requerida por el aspersor para su funcionamiento eficiente.

Las líneas de riego que se pueden utilizar son las líneas fijas o móviles (la más utilizada). Sea cual sea el tipo de líneas a utilizar la función de estas será de distribuir el agua destinada al riego, por todo el área de riego de forma presurizada.

- **Aspersores:** Son emisores dispuestos estratégicamente para distribuir el agua de riego de forma homogénea en el área de terreno que se requiera. Es importante mencionar que en el mercado se cuentan con diferentes tipos de estos emisores, la elección se realizara de acuerdo a los requerimientos que se tenga para el proyecto.

2.2.16 Eficiencia del sistema de riego

Según Martin et al. (2007), esta eficiencia de aplicación se mide dividiendo el agua de riego que realmente utiliza la planta con respecto al agua total aplicada. Para sincerar este valor se debe tener presente el cálculo de las pérdidas que se originan por infiltración profunda y escorrentía. Para el tema de los aspersores además de los parámetros ya mencionados se debe tener presente las pérdidas por vaporización y arrastre de viento.

(Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015), Indica que la eficiencia se obtiene relacionando el volumen utilizado por el cultivo con el volumen de agua suministrada desde el origen de agua destinada para el riego. La eficiencia es importante para saber la cantidad de agua que requiere el cultivo. (Martin et al., 2007)

2.2.17 Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET) es el resultado de dos mecanismos diferentes: la evaporación y la transpiración de las plantas en los cultivos. La evaporación se refiere al proceso mediante el cual el agua se pierde desde la superficie del suelo. Por otro lado, la

transpiración consiste en la pérdida de agua a través de las plantas. Debido a que estos procesos ocurren simultáneamente en los cultivos, su medición individual puede resultar compleja. Por esta razón, es más conveniente analizar la evapotranspiración de manera conjunta al diseñar sistemas de riego. (Payero, 2005).

La cantidad de agua que se evapotranspira está influenciada por el clima y las características del cultivo. Para simplificar los cálculos, estos factores se analizan por separado. El clima se evalúa a través de la evapotranspiración de referencia (ET_o), mientras que el coeficiente de cultivo (K_c) representa las características específicas de la planta. La multiplicación de ambos valores permite estimar la cantidad de agua que se evapotranspira en un cultivo, expresada en milímetros de agua por día (Martin et al., 2007).

Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La FAO define la evapotranspiración de referencia como la pérdida de agua desde una superficie de referencia con suficiente disponibilidad de agua. Este valor se utiliza para reflejar las condiciones climáticas locales sin que la vegetación o el suelo sean limitantes. (Allen et al., 2006).

El valor de ET_o depende de factores como la radiación solar, el nivel de humedad, la temperatura y el viento. Estos elementos varían según la ubicación y la estación del año. La ET_o es una herramienta clave para planificar el riego de los cultivos, ya que permite determinar la cantidad de agua que se necesita para mantener un crecimiento óptimo de las plantas, reduciendo el desperdicio y optimizando el uso del recurso hídrico (Martin et al., 2007).

Evaporación del cultivo en condiciones estándar (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) corresponde a la pérdida de agua por evaporación y transpiración en cualquier tipo de siembra bajo condiciones óptimas. Esto implica un desarrollo vegetal en un entorno favorable, con una adecuada fertilización,

ausencia de enfermedades, parcelas extensas y condiciones óptimas de suelo y agua, permitiendo alcanzar el máximo rendimiento según el clima de la zona. (Allen *et al.*, 2006).

Para determinar este valor, primero es necesario conocer la evapotranspiración de referencia (ET_o) y, posteriormente, aplicar el coeficiente de cultivo (K_c). (Puppo & García, 2009).

Coefficiente del cultivo (K_c)

entre la evapotranspiración de referencia (ET_o), que representa las condiciones estándar. Esta relación permite calcular de forma precisa el comportamiento del cultivo en diferentes condiciones climáticas. La ET_o refleja las variables atmosféricas, mientras que el K_c representa las particularidades de las plantas.

El coeficiente K_c varía a medida que el cultivo progresa en su ciclo de crecimiento, influenciado por factores como el estado vegetativo, el tipo de riego y las condiciones climáticas. Por ello, es importante determinar un K_c específico para cada ubicación o proyecto. (Orozco, 2011)

El K_c refleja la cantidad de agua que las plantas requieren durante su desarrollo. Es un valor clave desde la siembra hasta la cosecha, permitiendo definir las necesidades hídricas del cultivo en sus diferentes fases. (Martin *et al.*, 2007)

2.2.18 Propiedades de los suelos

Para la implementación de áreas verdes es necesario contar con información con respecto a las principales características del suelo, para poder realizar las enmiendas de corresponder o de encontrarse suelos inservibles se realiza la sustitución parcial o total. Para poder hacer uso eficientemente del recurso agua se debe conocer las propiedades del suelo que estén directamente relacionados con la retención de agua y la infiltración. Es así que necesitamos conocer la estructura, textura, contenido de componente orgánico, profundidad, y el prototipo de sales contenida en el suelo. (Martin *et al.*, 2007)

La estructura es la colocación de los agregados y poros que posee el suelo, la velocidad de retención y su velocidad de infiltración tienen que ver con la cantidad, dimensión y comunicación de los poros. La contextura del suelo tiene que ver con la proporción de su composición de limo, arcilla y arena, la retención del agua en el suelo aumenta conforme aumente su contenido de arcilla. La materia orgánica, asegura una fertilidad del suelo aportando nutrientes fundamentales para la planta como el nitrógeno, fósforo y azufre, por otro lado, también realiza un aporte en cuanto al incremento de la cabida de conservación de agua del suelo, reteniendo así una cantidad de 20 veces su peso, ayuda también a una mejora de estabilidad estructural del suelo. Es importante tener en consideración la profundidad del suelo a la hora de diseñar un área verde con césped ya que este nos asegura un anclaje para asegurar a las plantas ante condiciones extremas. Por último, se debe tener conocimiento sobre la salinidad del suelo, siempre que se pretenda la instalación de un jardín se deberá realizar un estudio para conocer las sales, un exceso en el comprendido total de sales podría producir una disminución de la cantidad del suelo favorable para las plantas, se debe tener en especial cuidado con los iones del sodio debido a que influye directamente a la infiltración y retención de agua por ende provocarían un deterioro a la estructura del suelo, también se debe asegurar que las cantidades de iones de boro, cloro estén dentro de los límites normales, la presencia de estos en exceso podría afectarlos y producir toxicidad en la plantas. (Martin *et al.*, 2007).

Se le denomina capacidad de estanque, a la cabida del suelo de almacenar y inmovilizar agua, en el riego se limita a la profundidad de raíces (CONADI, 2017).

2.2.19 Humedad del suelo

Es importante conocer la humedad que se pueda aprovechar, también llamado agua utilizable para la planta (ADP), que se puede expresar como lamina o elevación de agua que posee una superficie entre el contenido de agua de la cabida e campo y punto de marchitez indestructible. (CONADI, 2017).

Dependiendo de la estructura del suelo, la cantidad de agua retenida puede variar. El término "superior" hace referencia a la acumulación máxima de agua que puede retener el suelo (capacidad de campo), mientras que el "límite inferior" representa el punto en el que las plantas ya no pueden absorber agua (punto de marchitez). La ADP se expresa frecuentemente como el porcentaje del volumen de agua en relación con el volumen total de la muestra del suelo. (Zotarelli et al., 2013)

2.2.20 Capacidad de retención de agua en el suelo

Es el estado en el que el suelo alcanza su máxima capacidad de almacenamiento de agua sin generar pérdidas por drenaje. En este punto, los poros pequeños retienen agua por acción capilar, mientras que los poros grandes han liberado el exceso por gravedad. Esta condición es ideal para el desarrollo de las plantas, ya que las raíces pueden acceder al agua retenida en los microporos y los macroporos facilitan la aireación. La capacidad de campo depende en gran medida de la textura y estructura del suelo. (Pizarro, 1996)

El agua retenida en el suelo después del riego y tras un periodo de drenaje de 24 a 48 horas define la capacidad de campo. (Martin et al., 2007)

2.2.21 Punto crítico de marchitez

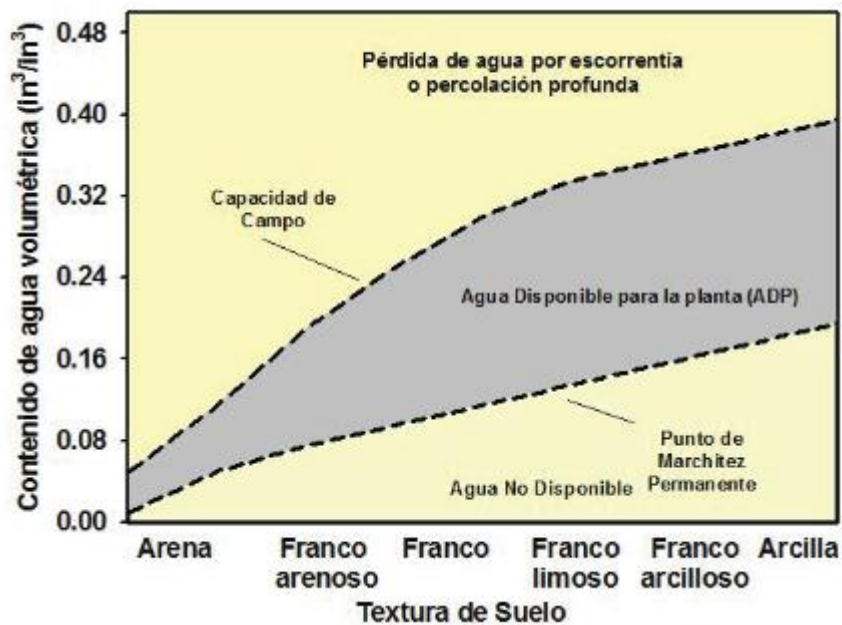
El punto de marchitez permanente se alcanza cuando el suelo contiene un nivel de humedad tan bajo que las plantas no pueden absorber más agua. Este nivel marca el límite en el que las plantas empiezan a marchitarse de manera irreversible. (Zotarelli et al., 2013)

El estado de humedad del suelo en el que las plantas no pueden absorber agua o lo hacen con mucha dificultad, lo que provoca un marchitamiento irreversible, también se conoce como punto de marchitamiento permanente.

En la figura se enseña la cantidad de agua disponible para absorción de las plantas (ADP), que también está relacionado con la textura del suelo.

Figura 2

Contenido de agua en texturas de suelo



Fuente: Zotarelli *et al.* (2013)

2.2.22 Análisis de la humedad del suelo

Método de determinación gravimétrico

La humedad del suelo puede determinarse un modo directo mediante gravimetría o de forma indirecta usando instrumentos especializados como sondas de neutrones, tensiómetros o termocuplas, entre otros. Sin embargo, debido a su simplicidad, practicidad y bajo costo, el método gravimétrico es el más adecuado. Este procedimiento consiste en recolectar muestras de suelo a las profundidades requeridas. Posteriormente, las muestras se pesan mientras están húmedas, se someten a secado en un horno a 105°C hasta que alcanzan un peso constante, y finalmente se realiza. El contraste entre el peso de la muestra húmeda y el seco indica el aumento de agua presente, la cual, en relación con el peso seco del suelo, refleja el contenido de humedad en el instante de la toma de muestra. (Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Córdoba., s.f.)

Método de resistencia eléctrica

La humedad del suelo se puede determinar midiendo la resistencia eléctrica de un bloque de material poroso que alcanza un equilibrio con el suelo circundante. Este bloque, generalmente fabricado con yeso, nylon o fibra de vidrio, tiene dos electrodos en su interior. Una vez colocado y estabilizado, el bloque detecta los cambios en la humedad con un leve desfase, ya que la resistencia de contacto permanece estable. Las variaciones en la humedad alteran la resistencia eléctrica, y estos cambios se registran mediante un dispositivo de medición en la superficie. Luego, los valores de resistencia se convierten en datos de humedad utilizando una curva de calibración. Estos bloques son particularmente útiles en entornos con niveles bajos de humedad. (NTX Agro, s.f.)

2.3 Proceso de análisis jerárquico

Según (Ollaguez, 2006), el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) es una herramienta clave en la toma de decisiones con múltiples criterios, ya que facilita la organización de problemas complejos a través de una estructura jerárquica. Este enfoque permite descomponer los problemas y analizarlos de manera gráfica y eficiente. El método fue desarrollado por Thomas Saaty a finales de los años 80 con el propósito de resolver situaciones como los acuerdos de reducción de armas estratégicas entre Estados Unidos y la Unión Soviética.

Maurtua explica que el AHP segmenta los problemas en subproblemas, y posteriormente integra las soluciones parciales para llegar a una conclusión general. Su propósito es ofrecer una representación visual que guíe a los tomadores de decisiones mediante una jerarquía compuesta por tres niveles: el objetivo principal, los criterios y las alternativas disponibles.

Una vez que se establece la jerarquía, se realizan comparaciones entre pares de criterios y alternativas, asignando valores numéricos basados en la importancia relativa percibida por los decisores. Esta evaluación permite sintetizar las valoraciones y orientar

hacia la opción definitiva y adecuada. Además, el AHP incorpora un análisis de sensibilidad, lo que permite prever variaciones en los resultados ante cambios en los juicios iniciales.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Nivel y tipo de investigación

La investigación a realizar es de nivel DESCRIPTIVO y EXPLICATIVO, y de tipo CUANTITATIVO y APLICADO. Se identificarán y analizarán las variables planteadas, evaluándolas a partir de datos recopilados. Se llevará a cabo un análisis de los resultados obtenidos en campo, calculando el consumo total de agua y dividiéndolo entre el área de riego. Esto permitirá determinar una nueva dotación de riego por metro cuadrado, la cual será comparada con el valor establecido en la norma I.S. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.). Los resultados obtenidos buscan contribuir a futuras investigaciones que aborden el mismo enfoque, proporcionando una referencia más precisa para el diseño y mantenimiento de áreas verdes.

3.2 Ubicación de investigación

La investigación se llevó a cabo en el departamento de Lima, dentro de la provincia y distrito del mismo nombre, específicamente en el distrito de Puente Piedra. El escenario de estudio fue el colegio estatal Kumamoto I, ubicado en el sector de Laderas de Chillón, en la zona norte de Lima. Las coordenadas exactas del colegio son 18 L 272590.15 m E y 8681490.04 m S, lo que lo sitúa entre los kilómetros 22 y 36 de la Carretera Panamericana Norte.

El colegio Kumamoto I se encuentra en una ubicación estratégica, adyacente al parque zonal Laderas de Chillón, uno de los principales espacios públicos de recreación en la zona. Frente a la institución educativa se localiza el mercado Laderas, que constituye un punto de referencia comercial y social para los habitantes del sector.

La zona de Laderas de Chillón es una de las áreas en expansión en el distrito de Puente Piedra, caracterizada por un crecimiento urbano sostenido y una necesidad creciente de infraestructura adecuada, incluyendo espacios verdes y servicios básicos. La cercanía del colegio a estas áreas clave favorece el desarrollo de estudios relacionados

con la gestión de recursos hídricos y el diseño de áreas verdes, lo que hace que esta ubicación sea idónea para la presente investigación.

Figura 3

Localización del área de Investigación en el Colegio Kumamoto I



Nota: Fuente Google Earth Pro

Figura 4

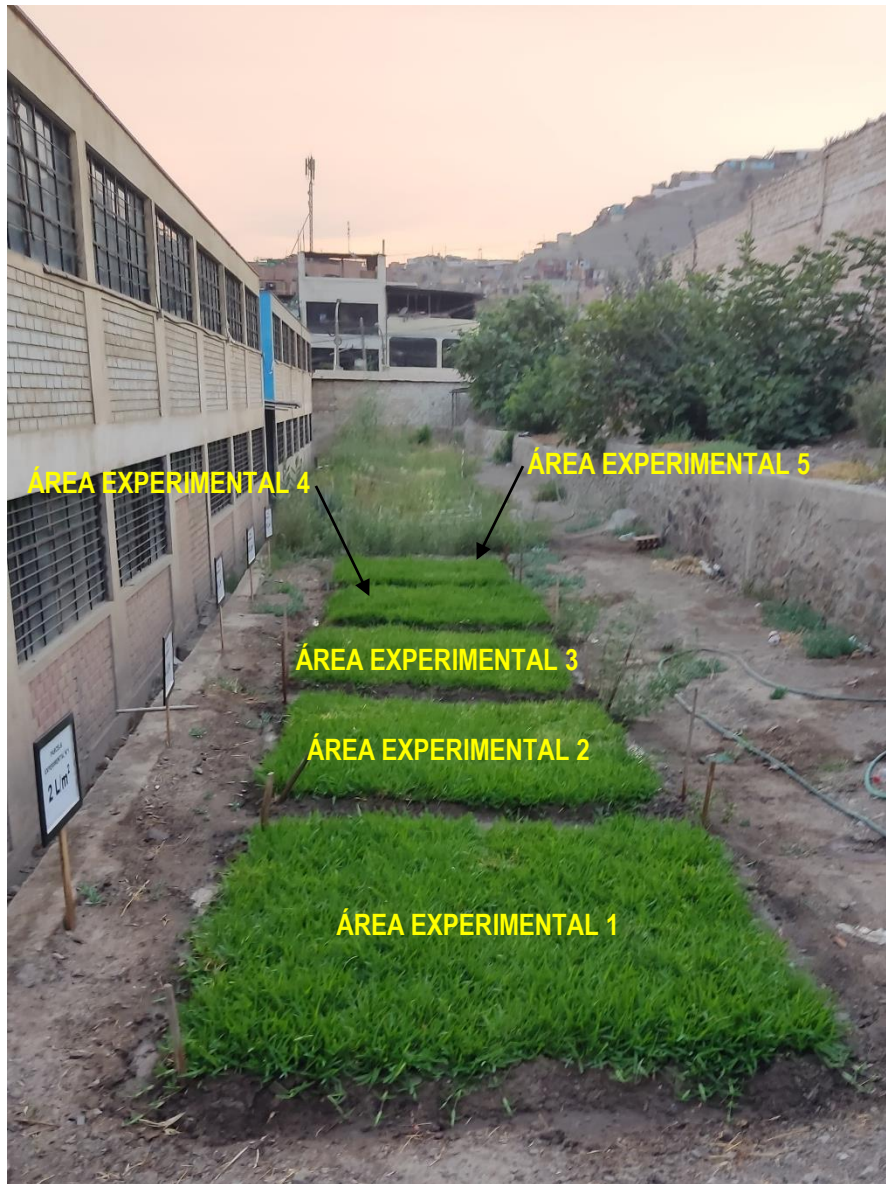
I.E. 3092 Kumamoto del distrito de Puente Piedra, sector Laderas de Chillón



Nota: fuente propia

Figura 5

Distribución de las parcelas experimentales de dimensiones (2mx2m)



Nota: fuente propia

3.3 Descripción general del área de experimentación

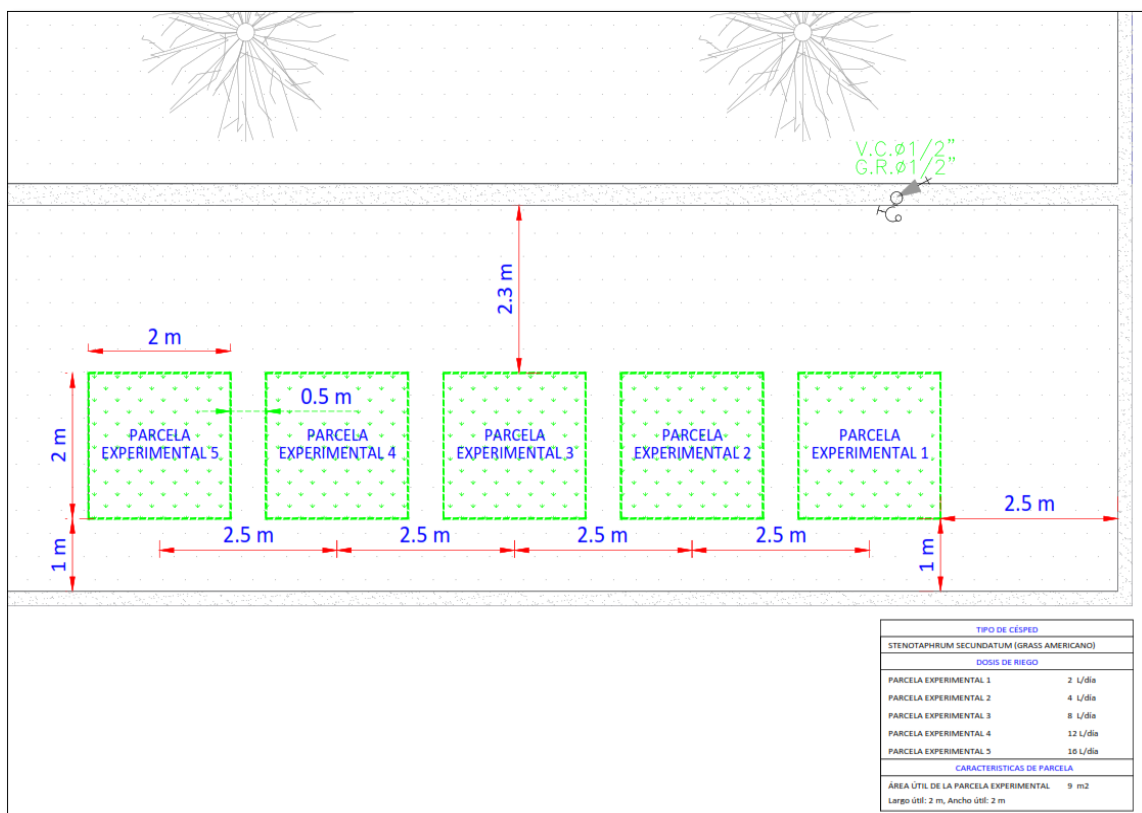
3.3.1 Especificaciones del área experimental

El área experimental seleccionada para la investigación correspondió a uno de los jardines del colegio Kumamoto I. Se utilizaron cinco (05) parcelas experimentales, cada una con características definidas. Las parcelas tenían forma cuadrada, con lados de 2 metros, lo que resultó en una superficie de 4 m² por parcela.

En cada una de las parcelas se llevó a cabo la siembra de grass americano (*Stenotaphrum secundatum*) utilizando el método de tepes, el cual consiste en la instalación de rollos de césped previamente cultivados. Este método permitió una cobertura uniforme y rápida del terreno, facilitando así la evaluación de las variables planteadas en la investigación.

Figura 6

Distribución de parcelas experimentales



3.3.2 Factores del suelo

El suelo donde se instalaron las parcelas experimentales correspondió a uno de los jardines proporcionados por el colegio Kumamoto I. Previamente a la instalación, se realizaron trabajos de limpieza, replanteo, volteo del suelo y enriquecimiento con humus de lombriz para mejorar sus condiciones.

Tras la nivelación del terreno, se tomó una muestra del área destinada a la investigación, la cual fue enviada al laboratorio para su correspondiente caracterización. Los resultados obtenidos forman parte del anexo de este documento. En la tabla 1 se describen algunos de los parámetros determinados durante el análisis.

Tabla 1

Análisis en el suelo de las parcelas experimentales.

Análisis Mecánico			
Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
59.12	17.84	23.04	Franco arcillo arenoso

Las características hídricas del suelo de las parcelas experimentales se muestran a continuación:

Tabla 2

Características hídricas del suelo de la zona experimental

Parámetros Hídricos		
(CC %)	(Pm %)	(Dap g/cm ³)
17.93	9.65	1.41

3.4 Propiedades del agua utilizada en riego

El colegio cuenta con conexión a la red pública administrada por SEDAPAL. El sistema de abastecimiento de agua es del tipo directo, complementado con un tanque Rotoplas para almacenamiento. Desde este tanque, el agua se distribuye hacia los servicios higiénicos y los grifos de los jardines existentes.

Se tomó una muestra de 1 litro de agua directamente del grifo destinado al riego de las parcelas experimentales. Posteriormente, la muestra fue enviada al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) con el objetivo de analizar y determinar sus parámetros físicos y químicos.

Para un mayor detalle, la caracterización completa del agua se encuentra en el Anexo 2, donde se presentan los resultados obtenidos durante el análisis.

Cabe mencionar que la muestra fue tomada del punto de grifo destinado para el riego de las parcelas experimentales.

Tabla 3

Análisis de parámetros de agua de riego

Parámetros	Unidad	Muestra
CE	dS/m	0.73
pH		7.70
Calcio	meq/L	4.69
Magnesio	meq/L	1.40
Sodio	meq/L	1.03
Potasio	meq/L	0.04
SUMA DE CATIONES		7.15
Cloruros	meq/L	4.32
Sulfatos	meq/L	0.53
Bicarbonato	meq/L	2.46
Nitratos	meq/L	0.00
Carbonatos	meq/L	0.00
SUMA DE ANIONES		7.26
SAR		0.59
Clasificación		C2-S1
Boro	meq/L	0.03

3.4.1 Descripción del tiempo atmosférico

Los datos climatológicos utilizados en este estudio fueron obtenidos de la estación meteorológica Alexander Von Humboldt, ubicada en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

El análisis se realizó a partir del promedio de los datos obtenidos durante los cuatro meses del estudio, utilizando como referencia la evapotranspiración de referencia (ET_o), con un valor promedio de 4 mm/día o 4 L/m²/día.

Los datos utilizados, presentados en la **Tabla 4**, corresponden al período comprendido entre los años 2000 y 2010.

Tabla 4

Condiciones climáticas presentes durante la investigación

Mes	T (máx) (°C)	T (mín) (°C)	T (prom) (°C)	HR (%)	Vel. Viento (m/s)	H	Eto (mm/día)
Enero	27.41	19.44	23.42	79.60	1.26	5.32	3.71
Febrero	28.92	20.33	24.63	75.85	1.26	5.95	4.09
Marzo	28.65	19.75	24.20	75.63	1.15	7.02	4.16
Abril	26.86	17.75	22.30	79.07	1.11	7.62	3.72

Nota: Análisis del registro meteorológico del periodo 2000 y 2010 (Cifuentes, 2016)

3.5 Proceso de la investigación

El desarrollo de la investigación contempló cuatro áreas, que se describen a continuación:

- Preparación y siembra del césped americano

Este primer punto corresponde a los trabajos previos y necesarios para la siembra adecuada del césped americano. Se llevaron a cabo labores que garantizaron el buen establecimiento del grass por tepes. Los trabajos incluyeron la habilitación y traslado de los tepes al colegio, la preparación y nivelación del terreno, el enmarcado de las parcelas y, finalmente, la siembra de los tepes.

- Riego inicial y establecimiento del césped

Tras la siembra, se realizó un riego inicial intensivo (riego pesado) de manera uniforme en todas las parcelas experimentales. Se aplicaron volúmenes de agua iguales para garantizar una adecuada adaptación del césped. Esta etapa tuvo una duración de 30 días calendario, durante los cuales se observó el crecimiento y la cobertura de las parcelas.

- Tratamiento y dosificación de riego

Se inició el tratamiento diferencial de las parcelas experimentales. Se procedió a dosificar los volúmenes de agua correspondientes a cada parcela de forma diaria. Paralelamente, se realizaron lecturas periódicas de los niveles de humedad en todas las áreas con el fin de evaluar el comportamiento del césped frente a diferentes dotaciones de agua.

- Evaluación y medición de parámetros

Finalmente se realizó la medición de los parámetros cuantitativos y cualitativos de la investigación. Las evaluaciones se realizaron con una periodicidad de 15 días calendario, permitiendo registrar el crecimiento, cobertura y otros indicadores relevantes para el análisis de resultados.

3.6 Variables cuantitativas

3.6.1 Dosis de riego aplicado

La dosis de riego aplicada a cada parcela experimental se determinó a partir del análisis de la evapotranspiración de referencia (ET_o), cuyos valores se presentan en la tabla 1, y del criterio establecido en la Norma Técnica I.S. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Con base en este análisis, se seleccionaron cinco niveles de riego de 0.5, 1, 2, 3 y 4 L/día/m², abarcando un rango que permite evaluar el comportamiento del césped bajo diferentes condiciones hídricas.

Cada parcela experimental cuenta con un área de 4 m², por lo que las dosis totales aplicadas fueron de 2 L, 4 L, 8 L, 12 L y 16 L, correspondientes a las parcelas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. El riego se realizó con una frecuencia diaria durante 15 días, en concordancia con la normativa que establece un consumo una cantidad de agua por día y por metro cuadrado.

El riego se llevó a cabo manualmente utilizando una regadera tipo ducha, lo que permitió asegurar una distribución homogénea del agua sobre toda la superficie de las parcelas. Este método contribuyó a evitar encharcamientos y garantizar una infiltración adecuada.

Cabe señalar que la investigación se realizó durante los meses de enero y febrero y marzo, periodo correspondiente al verano en Lima Metropolitana. Debido a la escasa o nula presencia de precipitaciones en esta temporada, no se consideró la influencia del agua de lluvia en el balance hídrico de las parcelas. Las aplicaciones de riego se efectuaron en horas de la tarde con el objetivo de minimizar las pérdidas por evaporación y optimizar la absorción del agua por el césped, favoreciendo así su desarrollo y crecimiento.

3.6.2 Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo fue monitoreado en cada parcela experimental antes y después de cada riego, utilizando un medidor de humedad de suelo de la marca Lutron, modelo PMS-714. Las mediciones se realizaron diariamente entre las 6:00 p.m. y 7:00 p.m., primero al finalizar la aplicación del riego y posteriormente al día siguiente, justo antes de proceder con el siguiente riego.

El registro sistemático de la humedad permitió evaluar las variaciones diarias en el contenido hídrico del suelo y su relación con la dosis aplicada. Esta información fue fundamental para ajustar y analizar el consumo de agua en las áreas de estudio, proporcionando datos precisos sobre la capacidad de retención de humedad del sustrato y la tasa de evaporación.

Se observó que, en condiciones de baja humedad, las hojas del césped mostraron signos evidentes de estrés hídrico, tales como decoloración, lo que afectó negativamente la apariencia y calidad estética de las parcelas experimentales. Estos indicadores visuales confirmaron la sensibilidad del césped americano a déficits de agua, reforzando la importancia de mantener niveles adecuados de humedad para evitar daños fisiológicos y preservar la uniformidad del crecimiento.

El uso del medidor Lutron PMS-714 facilitó mediciones rápidas y de alta precisión, lo que permitió obtener datos confiables para el análisis comparativo de las distintas dosis de riego aplicadas. La precisión del equipo y la frecuencia de medición fueron determinantes para identificar patrones de absorción y pérdidas de agua en el suelo, proporcionando una base sólida para evaluar el rendimiento de las parcelas bajo diferentes niveles de dotación hídrica.

3.6.3 *Peso de hojas podadas*

El pesaje de las hojas de césped se llevó a cabo después de cada sesión de poda, con el objetivo de cuantificar el crecimiento del césped en las parcelas experimentales. Este procedimiento consistió en recolectar y pesar las hojas recién podadas de cada parcela.

La poda se realizó con una frecuencia de 15 días calendario, siguiendo un procedimiento uniforme en todas las parcelas. La recolección de muestras se realizó en una franja representativa ubicada en la parte central de cada parcela, con dimensiones de 2.00 m de largo por 0.30 m de ancho. Las hojas podadas fueron recolectadas cuidadosamente y depositadas en bolsas Ziploc, asegurando su correcta conservación hasta el momento del pesaje.

El peso fresco de las hojas podadas sirvió como indicador directo del crecimiento y desarrollo del césped. Este método permitió evaluar de manera cuantitativa el impacto de las diferentes dosis de riego aplicadas, ya que una mayor masa de hojas reflejaba un crecimiento más vigoroso del césped. La periodicidad quincenal de los cortes facilitó el seguimiento continuo del desarrollo del césped a lo largo del periodo de investigación.

De acuerdo con Astrid (2016), el pesaje de material vegetal es una práctica eficaz para monitorear el crecimiento de césped, proporcionando datos objetivos que complementan las observaciones visuales del estado de las parcelas.

3.7 Variables Cualitativas

3.7.1 Color

El análisis del color del césped en las cinco parcelas experimentales fue un parámetro cualitativo fundamental para evaluar su estado general durante el periodo de estudio. La evaluación se realizó mediante observación visual directa y con el apoyo de la tabla de colores Munsell, herramienta ampliamente reconocida en estudios botánicos y agrícolas para la clasificación y descripción precisa de tonalidades.

Categorías de color

Se definieron tres categorías principales para representar el estado del césped:

Bueno: Verde intenso (similar al Munsell 5GY 5/4), uniforme y saludable, reflejo de condiciones óptimas de riego y manejo.

Intermedio: Verde opaco o con ligeras tonalidades amarillentas (cercano al Munsell 5Y 5/3), señal de estrés moderado.

Bajo: Amarillento o marrón (aproximado al Munsell 7.5YR 5/4), asociado con un estado de deterioro o estrés severo.

Metodología de evaluación

Frecuencia: Las observaciones visuales y registros fotográficos se realizaron cada 15 días, coincidiendo con los cortes de césped.

Condiciones de fotografía:

Las imágenes se tomaron bajo luz natural uniforme, entre las 5:00 p.m. y las 6:00 p.m., para minimizar la influencia de sombras y reflejos.

Se utilizó un ángulo de captura perpendicular al suelo (90 grados) y una distancia fija de 2 metro.

Las fotografías fueron analizadas para determinar la categoría de color predominante en cada parcela, lo que permitió establecer tendencias en la respuesta del césped a las diferentes dosis de riego aplicadas.

Tabla 5

Tabla de evaluación del color de las parcelas experimentales

Color		
Valoración	Calificación	Descripción (Según Tabla Munsell)
5	Verde oscuro	Verde vibrante y saludable (5G 4/6)
4	Verde moderado	Verde uniforme con ligeros tonos amarillos (7.5GY 5/4)
3	Amarillo verdoso	Indicativo de estrés hídrico moderado (5GY 6/4)
2	Amarillo pálido	Césped seco con pérdida evidente de verdor (10Y 6/3)
1	Marrón claro	Césped muy y seco y deshidratado (10YR 6/2)

Nota: referencia (Morris, s. f.)

3.7.2 Análisis de Cobertura

La evaluación de la cobertura del césped se llevó a cabo en todas las parcelas experimentales con el fin de determinar el porcentaje de superficie cubierta por el césped en cada una. Para ello, se seleccionó una zona muestra central dentro de cada parcela, con dimensiones de 1.00 m x 1.00 m (1 m²), para garantizar la representatividad de los datos y minimizar efectos de bordes.

Metodología

Captura fotográfica:

Se utilizó una cámara posicionada a una altura fija de 1.00 m sobre la zona muestra, con un ángulo perpendicular al suelo (90°), para asegurar uniformidad en las imágenes capturadas.

Las fotografías fueron tomadas bajo luz natural, preferiblemente entre las 5:00 p.m. y las 6:00 p.m., evitando sombras fuertes y asegurando condiciones homogéneas.

Frecuencia de evaluación:

La evaluación de cobertura se realizó cada 15 días, coincidiendo con los cortes quincenales del césped, para monitorear los cambios en la cobertura a lo largo del tiempo.

Importancia del análisis

El nivel de cobertura verde es un parámetro esencial para medir la salud y densidad del césped, facilitando la evaluación del impacto de las diversas dosis de riego en las parcelas experimentales. Este análisis también ofrece información valiosa para determinar si las dosis de riego son suficientes para mantener un crecimiento uniforme y saludable.

Resultados esperados

Se prevé que las parcelas con dosis de riego más altas muestren un mayor porcentaje de cobertura verde, mientras que las parcelas con dosis insuficientes evidencien áreas descubiertas o menos densas.

Tabla 6

Análisis, cobertura

Cobertura	
Valoración	Descripción
3	Alta
2	Media
1	Baja

3.7.3 *Parámetro Uniformidad*

La uniformidad es un parámetro cualitativo que evalúa la homogeneidad del color en toda la extensión de las parcelas experimentales. Este indicador es fundamental para determinar la calidad del césped, ya que una superficie uniforme refleja un adecuado manejo del riego.

Criterios de evaluación

La uniformidad se evaluó considerando la ausencia de manchas amarillentas, marrones o de otros colores en el césped, que podrían ser indicio de deficiencias de riego. El césped ideal debe presentar un color homogéneo en toda la superficie de cada parcela experimental.

Para realizar esta evaluación, se utilizó un criterio visual basado en los siguientes niveles de calificación (adaptado de Rosas Porto, 2003):

Tabla 7

Análisis de uniformidad

Uniformidad		
Valoración	Calificación	Descripción
5	Excelente	Césped uniforme en color (>95%)
4	Muy buena	Césped con ligera variación en color (85-95%)
3	Buena	Césped con moderada diferencias en color (70-85%)
2	Regular	Césped con áreas claras de desigualdad en color (50-70%)
1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%),

Nota: Rosas Porto, L. (2003). Criterios para la evaluación de céspedes ornamentales y deportivos. Lima, Perú.

Metodología:

Observación visual directa:

La evaluación se realizó en todas las parcelas experimentales cada 15 días, coincidiendo con los cortes quincenales del césped.

Se revisó la superficie completa de cada parcela para identificar cualquier variación de color o textura.

Registro fotográfico:

Se tomaron fotografías de las parcelas para documentar las observaciones visuales y permitir comparaciones a lo largo del tiempo.

Las imágenes se analizaron posteriormente para confirmar las calificaciones asignadas en el campo.

Análisis y comparación:

Los datos recolectados fueron registrados y analizados para identificar patrones relacionados con las dosis de riego y su impacto en la uniformidad del césped.

Importancia del análisis:

La uniformidad no solo es un indicador visual de calidad, sino que también puede revelar problemas subyacentes en el manejo del riego o las condiciones del suelo. Un césped con buena uniformidad es más estético y funcional, lo que lo hace ideal para áreas recreativas, deportivas o decorativas.

3.8 Procedimiento de campo

3.8.1 *Instalación de las parcelas experimentales*

A. Trazo y replanteo

Se delimitó la zona de investigación en el área seleccionada dentro del colegio. Inicialmente, se retiraron las malezas existentes para garantizar un terreno limpio y adecuado. Posteriormente, se procedió al trazado correspondiente, utilizando herramientas de medición para delimitar con precisión las parcelas experimentales. Estas parcelas fueron distribuidas de manera uniforme para asegurar la comparabilidad de los resultados.

B. Preparación del terreno

El terreno se sometió a un proceso de volteo para airearlo y mejorar su calidad, eliminando restos orgánicos no deseados. Además, se incorporó humus de lombriz en iguales cantidades para todas las parcelas experimentales, garantizando una mejora uniforme en la fertilidad del suelo y condiciones óptimas para el desarrollo del césped.

C. Siembra de tepes

Se adquirió césped americano en tepes de alta calidad, seleccionados por su adaptabilidad a las condiciones extremas y características homogéneas. La instalación se realizó cuidadosamente, asegurando un contacto adecuado entre los tepes y el suelo preparado para evitar espacios vacíos y promover un enraizamiento uniforme.

D. Riego inicial

Durante un periodo de 15 días, se aplicó un riego inicial uniforme en todas las parcelas experimentales. Se utilizaron volúmenes iguales de agua para cada parcela, con el objetivo de establecer adecuadamente el césped y promover una

cobertura homogénea en el área experimental. Este riego inicial permitió un desarrollo óptimo durante las primeras etapas del experimento.

E. Riego con frecuencia diaria

Se realizó el riego con frecuencia diaria realizando la dosificación diaria a cada parcela experimental N°1, 2, 3, 4 y 5 mediante una regadera tipo ducha de 3 L, se realizó el riego con 2, 4, 8, 12, 16 L/4m²/día respectivamente, con frecuencia de riego diario y se realizó la medición de la humedad antes de cada riego.

F. Riego con frecuencia interdiaria

Finalizado el riego diario de paso a realizar el riego de las parcelas experimentales N°1, 2, 3, 4 y 5, para este caso al variar la frecuencia de riego a interdiario se duplicará la dosis siendo estos 4, 8, 16, 24, 32 L/4m², y se midió la humedad volumétrica antes de cada riego a cada parcela experimental.

G. Riego con frecuencia de tres días

Finalizado el riego interdiario se pasó a realizar el riego de las parcelas experimentales N°1, 2, 3, 4 y 5, para este caso al variar la frecuencia de riego a tres días se triplicará la dosis siendo estos 6, 12, 24, 36, 48 L/4m², y se midió la humedad volumétrica antes de cada riego a cada parcela experimental.

H. Riego con frecuencia de cuatro días

Finalizado el riego con frecuencia de tres días se pasó a realizar el riego de las parcelas experimentales N°1, 2, 3, 4 y 5, para este caso al variar la frecuencia de riego a cuatro días se cuadruplicará la dosis siendo estos 8, 16, 32, 48, 64 L/4m², y se midió la humedad volumétrica antes de cada riego a cada parcela experimental.

3.9 Equipamiento y materiales utilizados

En esta sección se detallan los equipos y materiales empleados en el estudio

Limpieza, movimiento y nivelación del terreno

- Escoba metálica con mango de madera 20 cm
- Pico básico con mango 3 Kg
- Pico para jardín mango de madera 14 Truper
- Pala de punta 1 Kg
- Pala cuchara junior
- Rastrillo curvo liviano 14 dientes c/mango de madera

Trazo y replanteo de las áreas experimentales

- Flexómetro Gripper contra impactos 5 m cinta 19 mm, Truper
- Yeso para construcción Bolsa x 18 Kg
- Driza polipropileno trenza blanca 4 mm 5/32x 60m
- Estacas de Madera 1"x 2" x 1.20 m.

Macado de las áreas experimentales

- Tablero de Madera de 40 cm x 30 cm
- Papel A3
- Silicona Líquida
- Cinta de embalaje transparente 770 2" x 40 yardas.

Extracción de muestras de agua y suelo

- Recipiente plástico de 1 L
- Barreno para muestreo de suelo
- Bolsa ziploc
- Etiqueta para el rotulado de muestras
- Guante de seguridad de uso general

Siembra de tepes

- Tepes de grass americano de 0.50 m x 0.50 m
- Carretilla buggy 80 litros Llanta rombo
- Humus de Lombriz 20 Kg

Mantenimiento de las parcelas experimentales

- Podadora motoguadaña
- Tijera corta césped
- Regla graduada de 30 cm
- Manguera ½" dúplex, para el riego inicial

Monitoreo del nivel de humedad en el suelo

- Dispositivo LUTRON PMS-714 para medición de humedad del suelo

Medición y Dosificación de agua para el tratamiento

- Probeta de vidrio de clase graduada 2 L
- Jarra graduada 2 L
- Jarra graduada 4 L
- Regadera tipo ducha 3 L

Accesorios utilizados

- Cámara profesional Canon EOS T6
- Báscula digital de precisión 500 g, Truper
- Sobre de papel
- Horno
- Muestreador de césped

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Análisis de agua

4.1.1 Parámetros medidos del agua

El agua utilizada para el riego fue suministrada desde un punto de riego del Colegio, conectado a la red pública administrada por SEDAPAL. El análisis del agua mostró un pH de 7.70, característico de aguas neutras. Además, se registró una conductividad eléctrica de 0.73 dS/m, lo que la clasifica dentro de la categoría C2, correspondiente a salinidad moderada, lo cual representa una calidad buena para cultivos que se adapten o toleran modernamente la sal (MINAGRI, 2020), en cuanto a la relación de sodio (RAS), se obtuvo 0.59 que representa un valor bajo en sodio (S1), el análisis también mostro la concentración de carbonatos de calcio, determinándose un agua blanda.

Este resultado es concordante con los parámetros mínimos que describe (Plantae Agro, n.d.)

Tabla 8

Características del agua potable para las parcelas experimentales

PARÁMETROS	UNIDAD	MUESTRA
CE	dS/M	0.73
pH	meq/L	7.70
Calcio	meq/L	4.69
Magnesio	meq/L	1.40
Sodio	meq/L	1.03
Potasio	meq/L	0.04
SUMA DE CATIONES		
Cloruros	meq/L	4.32
Sulfatos	meq/L	0.53
Bicarbonato	meq/L	2.46
Nitratos	meq/L	0.00
Carbonatos	meq/L	0.00
SUMA DE ANIONES		7.26
SAR		0.59
CLASIFICACIÓN		C2-S1
Boro	meq/L	0.03

Nota: fuente Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego. (UNALM, 2023)

4.2 Estudio del suelo

4.2.1 Evaluación de las características físicas

La siguiente tabla expone los datos obtenidos del estudio sobre las propiedades físicas del suelo en las parcelas experimentales.

El análisis mostró que el suelo está compuesto por 59.12% de arena, 17.84% de arcilla y 23.04% de limo, clasificándose como un suelo de textura franco arcillo arenosa.

Tabla 9

Análisis mecánico de suelo de la zona de parcelas, (29/11/2023)

Análisis Mecánico			
Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
59.12	17.84	23.04	Franco arcillo arenoso

Nota: Análisis realizado. (UNALM, 2023)

La textura franco arcillo arenosa proporciona un equilibrio favorable entre drenaje y retención de agua. Esto significa que el suelo tiene la capacidad de almacenar suficiente humedad para los cultivos, al mismo tiempo que evita el encharcamiento, favoreciendo el desarrollo de raíces profundas y saludables.

4.2.2 Características químicas

El análisis químico efectuado reveló los siguientes resultados:

Materia orgánica: El suelo presenta un contenido de materia orgánica del 2.21%, clasificado como medio. Este nivel es adecuado para mantener una actividad biológica moderada y proporcionar nutrientes a los cultivos. Sin embargo, podría mejorarse mediante la incorporación de compost u otras fuentes orgánicas para incrementar la capacidad de intercambio catiónico y la retención de agua.

Carbonato calcio (CaCO₃): Se obtuvo un valor de 4.26%, dentro del rango medio (1-5%). Este nivel de carbonatos indica que el suelo es moderadamente calcáreo, lo que

podría afectar la solubilidad de ciertos micronutrientes esenciales como hierro, zinc y manganeso, especialmente en suelos alcalinos.

Fósforo (P): El fósforo disponible en el suelo fue de 6.69 ppm, lo que se clasifica como medio. Este nivel sugiere que el fósforo podría limitar el crecimiento de cultivos de alta demanda, por lo que se recomienda la aplicación de fertilizantes fosfatados para optimizar su disponibilidad.

Potasio (K): El contenido de potasio disponible alcanzó los 628.00 ppm, clasificado como alto. Esto indica que el suelo posee una reserva suficiente de potasio para satisfacer las demandas de cultivos que requieren este nutriente, como hortalizas y frutales.

Conductividad eléctrica (CE): El valor registrado fue de 3.53 dS/m. Este valor clasifica al suelo como ligeramente salino. Aunque no representa una restricción severa, los cultivos sensibles a la salinidad podrían requerir un manejo especial, como riegos adicionales para diluir las sales acumuladas.

pH: El pH del suelo fue de 7.44, indicando una reacción ligeramente alcalina. Este nivel es adecuado para muchos cultivos, pero podría limitar la disponibilidad de algunos micronutrientes como hierro y zinc, especialmente en suelos calcáreos.

Tabla 10

Análisis químico del suelo de la zona de parcelas, (29/11/2023)

CE dS/m Relación 1:1	pH Relación 1:1	M.O. (%)	P ppm	K ppm	CaCO₃ (%)
3.53	7.44	2.21	6.69	628.00	4.26

Tabla 11

Análisis de suelo de la zona de parcelas experimentales, (29/11/2023)

CIC total	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	Na⁺	K⁻	Al⁺³+H⁺¹
15.97	11.63	1.68	0.13	0.61	-

Dónde:

CE; Conductividad eléctrica, pH; Potencia hidrógeno, MO; Materia orgánica, P; Fósforo, K; Potasio, CaCO₃; Calcáreo total.

Estos resultados coinciden con las características de un suelo óptimo para el crecimiento de la plantación, como lo muestra (flopez, 2022)

4.3 Determinación de la dosis de riego

La cantidad de agua aplicada en el riego se establece considerando la evapotranspiración de referencia (ET_o), cuyo valor promedio fue de 4 mm/día (4 L/m²/día).

Para calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c), se utilizó la siguiente ecuación:

$$Etc = Kc \times Eto$$

donde K_c es el coeficiente de cultivo. Se determinaron cuatro valores de K_c, con el objetivo de evaluar distintas condiciones hídricas y garantizar que al menos una de las dosis obtenidas coincidiera con lo establecido en la Norma Técnica IS.010, la cual establece que la dotación de áreas verdes es de 2L/m²/día.

Tabla 12

Dotación de riego aplicada a las parcelas experimentales

Parcelas	Factores	Dosis aplicadas (L/m ² /día)
N°1	0.125	0.50
N°2	0.25	1.00
N°3	0.50	2.00
N°4	0.75	3.00
N°5	1.00	4.00

La dosis de riego en las parcelas experimentales se aplicó en cuatro etapas, ajustando tanto la cantidad de agua como la frecuencia de riego:

Primera etapa: Se aplicó riego diario con una dosis base establecida

Segunda etapa: La dosis se duplicó y la frecuencia de riego fue cada 2 días

Tercera etapa: La dosis se triplicó y la frecuencia de riego fue cada 3 días

Cuarta etapa: La dosis se cuadruplicó y la frecuencia de riego fue cada 4 días

4.3.1 Riego con frecuencia diaria

En esta primera etapa, el riego se realizó diariamente en las parcelas experimentales en el horario de 5:00 pm a 7:00 pm. La duración de esta fase fue de 18 días calendarios.

Tabla 13

Dosis de riego con frecuencia diaria

Parcela experimental	Dotación (L/día/m²)	Dosis aplicada (L/4m²)
Nº1	0.5	2
Nº2	1	4
Nº3	2	8
Nº4	3	12
Nº5	4	16

4.3.2 Riego con frecuencia interdiaria

En esta etapa, el riego se realizó cada dos días, aplicando el doble del volumen diario de agua en un horario de 5:00 pm a 7:00 pm. La duración total de esta fase fue de 15 días calendarios.

Tabla 14

Dosis de riego con frecuencia interdiario

Parcela experimental	Dotación (L/día/m²)	Dosis aplicada (L/4m²)
Nº1	0.5	4
Nº2	1	8
Nº3	2	16
Nº4	3	24
Nº5	4	32

4.3.3 Riego con frecuencia de riego de tres días

En esta etapa, el riego se realizó cada tres días, aplicando el triple del volumen diario de agua en un horario de 5:00 pm a 7:00 pm. La duración total de esta fase fue de 15 días calendarios.

Tabla 15

Dosis de riego con frecuencia de tres días

Parcela experimental	Dotación (L/día/m²)	Dosis aplicada (L/4m²)
Nº1	0.5	6
Nº2	1	12
Nº3	2	24
Nº4	3	36
Nº5	4	48

4.3.4 Riego con frecuencia de riego de cuatro días

En esta última etapa, el riego se realizó cada tres días, aplicando el cuádruple del volumen diario de agua en un horario de 5:00 pm a 7:00 pm. La duración total de esta fase fue de 15 días calendarios.

Tabla 16

Dosis de riego con intervalos de cuatro días

Parcela experimental	Dotación (L/día/m²)	Dosis aplicada (L/4m²)
Nº1	0.5	8
Nº2	1	16
Nº3	2	32
Nº4	3	48
Nº5	4	64

4.4 Contenido de humedad del suelo

4.4.1 Humedad medida con frecuencia de un día

La medición de la humedad del suelo se realizó diariamente a una profundidad de 15 cm utilizando el equipo Lutron PMS-714, antes de cada riego. Este procedimiento permitió monitorear las variaciones de humedad en las parcelas experimentales, asegurando una recopilación de datos precisa y consistente. Las mediciones se realizaron a cabo en tres puntos específicos dentro de cada parcela experimental (M1, M2 y M3), y se calcularon los promedios diarios para facilitar el análisis comparativo.

En la **Tabla 17**, se muestran los promedios diarios de la humedad del suelo para las parcelas experimentales durante el período de estudio. Para una representación más clara de las tendencias, en la **Figura 7** se muestra la variación diaria del contenido de humedad promedio en las parcelas experimentales.

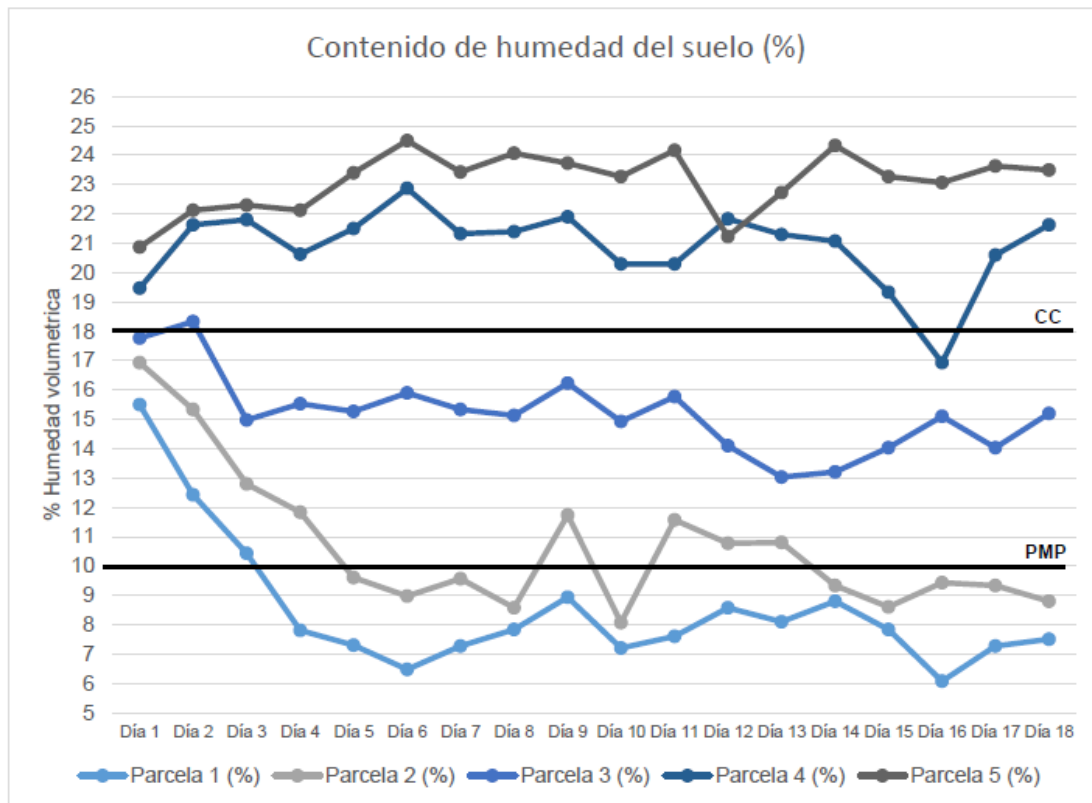
Tabla 17

Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 01 día)

Día	Parcela 1 (%)	Parcela 2 (%)	Parcela 3 (%)	Parcela 4 (%)	Parcela 5 (%)
Día 1	15.50	16.93	17.77	19.47	20.87
Día 2	12.43	15.33	18.33	21.63	22.13
Día 3	10.43	12.80	14.97	21.80	22.30
Día 4	7.80	11.83	15.53	20.63	22.13
Día 5	7.30	9.60	15.27	21.50	23.40
Día 6	6.47	8.97	15.90	22.87	24.50
Día 7	7.27	9.57	15.33	21.33	23.43
Día 8	7.83	8.57	15.13	21.40	24.07
Día 9	8.93	11.73	16.23	21.90	23.73
Día 10	7.20	8.07	14.93	20.30	23.27
Día 11	7.60	11.57	15.77	20.30	24.17
Día 12	8.57	10.77	14.10	21.83	21.23
Día 13	8.10	10.80	13.03	21.30	22.73
Día 14	8.80	9.33	13.20	21.07	24.33
Día 15	7.83	8.60	14.03	19.33	23.27
Día 16	6.07	9.43	15.10	16.93	23.07
Día 17	7.27	9.33	14.03	20.60	23.63
Día 18	7.50	8.80	15.20	21.63	23.50

Figura 7

Contenido de humedad, para el riego de frecuencia diaria



En el gráfico se pueden observar las medidas de humedad promedio antes de cada riego. Se nota que las parcelas experimentales N°1 y N°2 están por debajo del Punto de Marchitez Permanente (PMP), lo que implica que la planta se encuentra en condiciones de marchitez (Allen et al., 2006)

En cuanto a la parcela experimental N°3, la humedad volumétrica se encuentra entre el PMP y la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el césped aún puede absorber agua del suelo. Sin embargo, como se muestra en la **Figura 13**, el césped presenta signos de estrés hídrico evidenciados por cambios en su coloración. Esto se debe a una alta evapotranspiración del cultivo (ETc), causada por temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. En estas condiciones, la planta pierde agua más rápido de lo que sus raíces pueden absorber, generando un déficit hídrico temporal en los tejidos y provocando la marchitez de las hojas. (Allen et al., 2006)

Para las parcelas N°4 y N°5 se encuentran por encima de la capacidad de campo ello indica que el suelo se encuentra saturado de agua, que será drenada hasta llegar a la capacidad de campo y ser utilizada por la planta. En la se muestra un césped de buena calidad, eso quiere decir que la dosis suministrada cubre la demanda de la evapotranspiración de cultivo y se tiene disponible agua aprovechable por la planta.

Por otro lado, en las parcelas N°4 y N°5, la humedad del suelo se encuentra por encima de la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el suelo está saturado de agua. En este caso, el exceso de humedad será drenado hasta alcanzar la CC (CONADI, 2017), punto en el cual el agua quedará disponible para ser utilizada por la planta. Como se observa en las **Figura 14** y **Figura 15**, el césped en estas parcelas presenta una buena calidad visual, lo que indica que la dotación aplicada cubre la demanda de evapotranspiración del cultivo (ETc) y que existe agua disponible para su aprovechamiento por la planta.

4.4.2 Humedad medida con frecuencia de dos días

En la **Tabla 18**, se muestran los promedios diarios de la humedad del suelo para las parcelas experimentales durante el periodo de la segunda etapa. En la **Figura 8** se presentan las tendencias mediante gráficos de la variación Interdiaria del contenido de humedad promedio en las parcelas experimentales.

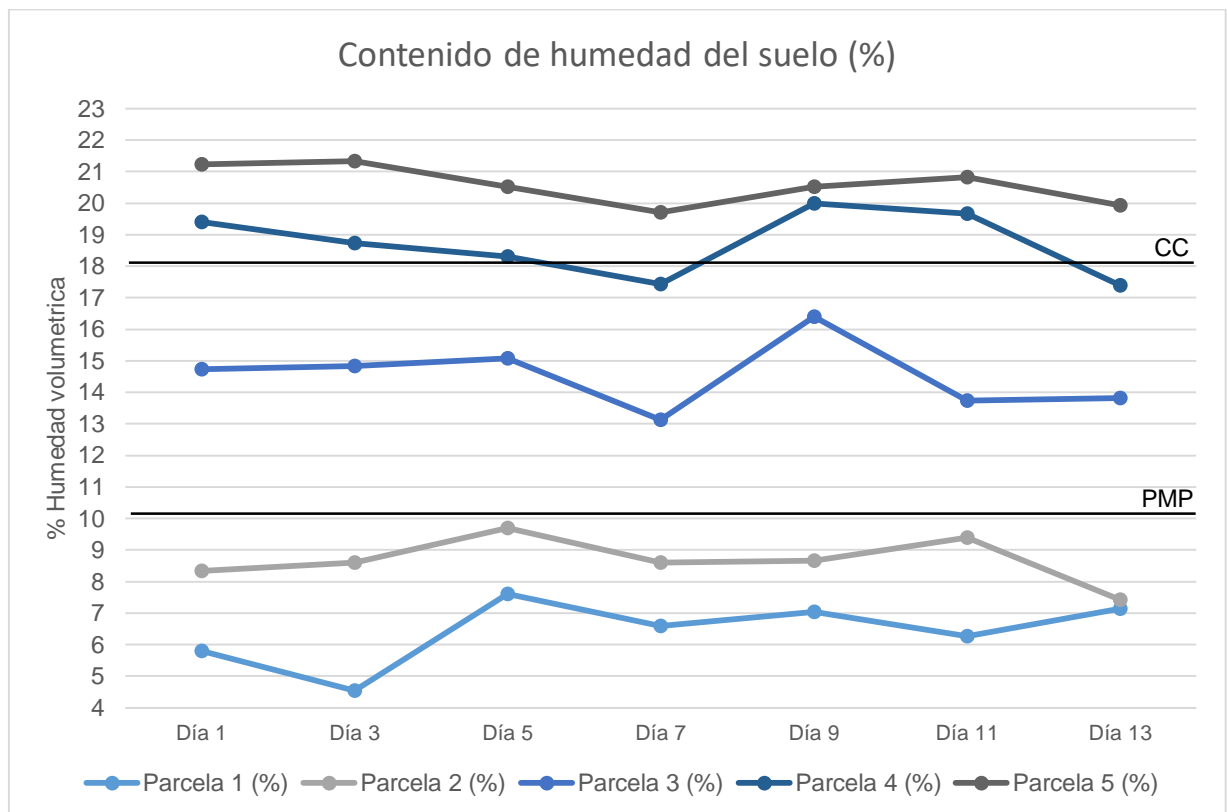
Tabla 18

Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 02 día)

Día	Parcela 1 (%)	Parcela 2 (%)	Parcela 3 (%)	Parcela 4 (%)	Parcela 5 (%)
Día 1	5.80	8.33	14.73	19.40	21.23
Día 3	4.53	8.60	14.83	18.73	21.33
Día 5	7.60	9.70	15.07	18.30	20.53
Día 7	6.60	8.60	13.13	17.43	19.70
Día 9	7.03	8.67	16.40	20	20.53
Día 11	6.27	9.40	13.73	19.67	20.83
Día 13	7.13	7.43	13.83	17.40	19.93

Figura 8

Contenido de humedad, para el riego de frecuencia interdiaria



Mediante el gráfico se pueden observar las medidas de humedad promedio antes de cada riego. Se nota que las parcelas experimentales N°1 y N°2 están por debajo del Punto de Marchitez Permanente (PMP), lo que implica que la planta se encuentra en condiciones de marchitez (Allen et al., 2006)

En cuanto a la parcela experimental N°3, la humedad volumétrica se encuentra entre el PMP y la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el césped aún puede absorber agua del suelo. Sin embargo, como se muestra en la **Figura 18**, el césped presenta signos de estrés hídrico evidenciados por cambios en su coloración. Esto se debe a una alta evapotranspiración del cultivo (ETc), causada por temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. En estas condiciones, la planta pierde agua más rápido de lo pueden absorber, generando un déficit hídrico temporal en los tejidos y provocando la marchitez de las hojas. (Allen et al., 2006)

Por otro lado, en las parcelas N°4 y N°5, la humedad del suelo se encuentra por encima de la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el suelo está saturado de agua. En este caso, el exceso de humedad será drenado hasta alcanzar la CC (CONADI, 2017), punto en el cual el agua quedará disponible para ser utilizada por la planta. Como se observa en las **Figura 19** y **Figura 20**, el césped en estas parcelas presenta una buena calidad visual, lo que indica que la dotación aplicada cubre la demanda de evapotranspiración del cultivo (ETc) y que existe agua disponible para su aprovechamiento por la planta.

4.4.3 Humedad medida con frecuencia de tres días

En la **Tabla 19**, se muestran los promedios diarios de la humedad del suelo para las parcelas experimentales durante el periodo de la tercera etapa. En la **Figura 9** se presentan las tendencias mediante gráficos de la variación de tres días del contenido de humedad promedio en las parcelas experimentales.

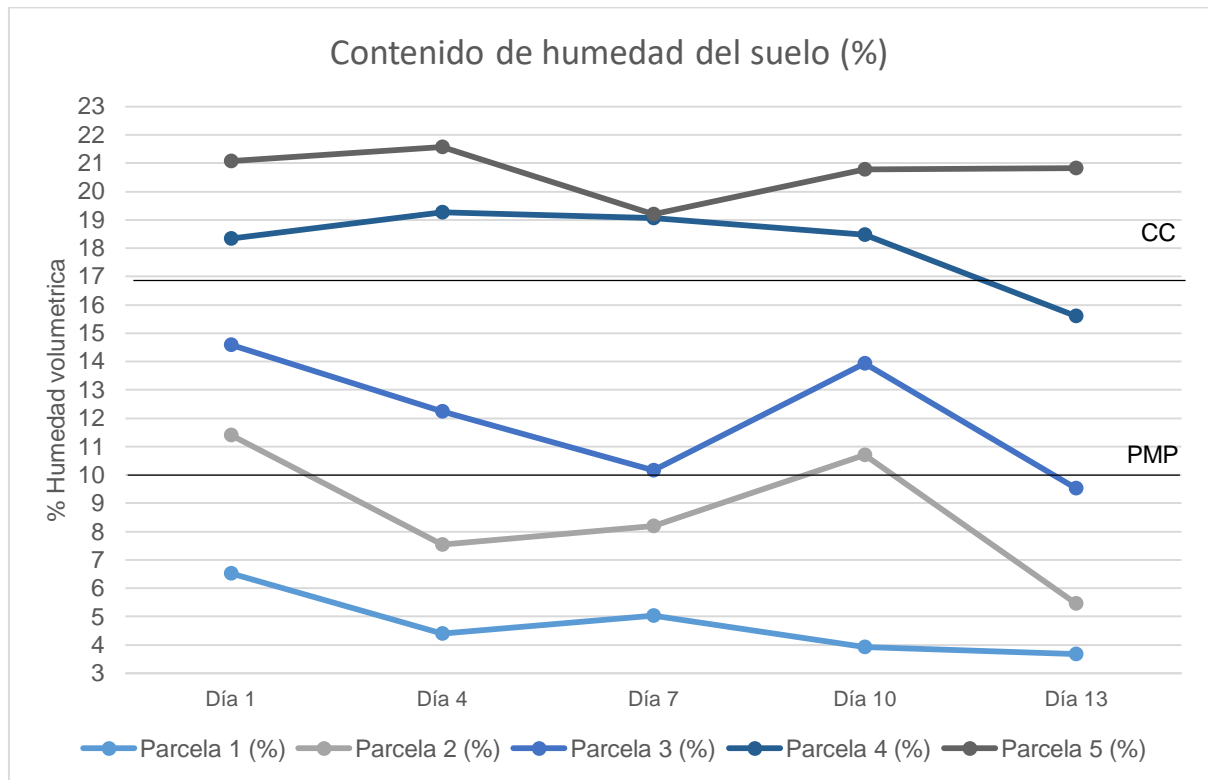
Tabla 19

Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 03 día)

Día	Parcela 1 (%)	Parcela 2 (%)	Parcela 3 (%)	Parcela 4 (%)	Parcela 5 (%)
Día 1	6.53	11.40	14.60	18.35	21.07
Día 4	4.40	7.53	12.23	19.27	21.57
Día 7	5.03	8.20	10.17	19.07	19.20
Día 10	3.93	10.70	13.93	18.47	20.77
Día 13	3.67	5.47	9.53	15.60	20.83

Figura 9

Contenido de humedad, para el riego de frecuencia de tres días



En el gráfico se pueden observar las medidas de humedad promedio antes de cada riego. Se nota que las parcelas experimentales N°1 y N°2 están por debajo del Punto de Marchitez Permanente (PMP), lo que implica que la planta se encuentra en condiciones de marchitez (Allen et al., 2006)

En cuanto a la parcela experimental N°3, la humedad volumétrica se encuentra entre el PMP y la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el césped aún puede

absorber agua del suelo. Sin embargo, como se muestra en la **Figura 23**, el césped presenta signos de estrés hídrico evidenciados por cambios en su coloración. Esto se debe a una alta evapotranspiración del cultivo (ETc), causada por temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. En estas condiciones, la planta pierde agua más rápido de lo que sus raíces pueden absorber, generando un déficit hídrico temporal en los tejidos y provocando la marchitez de las hojas. (Allen et al., 2006)

Por otro lado, en las parcelas N°4 y N°5, la humedad del suelo se encuentra por encima de la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el suelo está saturado de agua. En este caso, el exceso de humedad será drenado hasta alcanzar la CC (CONADI, 2017), punto en el cual el agua quedará disponible para ser utilizada por la planta. Como se observa en las **Figura 24** y

Figura.25, el césped en estas parcelas presenta una buena calidad visual, lo que indica que la dotación aplicada cubre la demanda de evapotranspiración del cultivo (ETc) y que existe agua disponible para su aprovechamiento por la planta.

4.4.4 Humedad medida con frecuencia de cuatro días

En la **Tabla 20**, se muestran los promedios diarios de la humedad del suelo para las parcelas experimentales durante el periodo de la tercera etapa. En la **Figura 10** se presentan las tendencias mediante gráficos de la variación de tres días del contenido de humedad promedio en las parcelas experimentales.

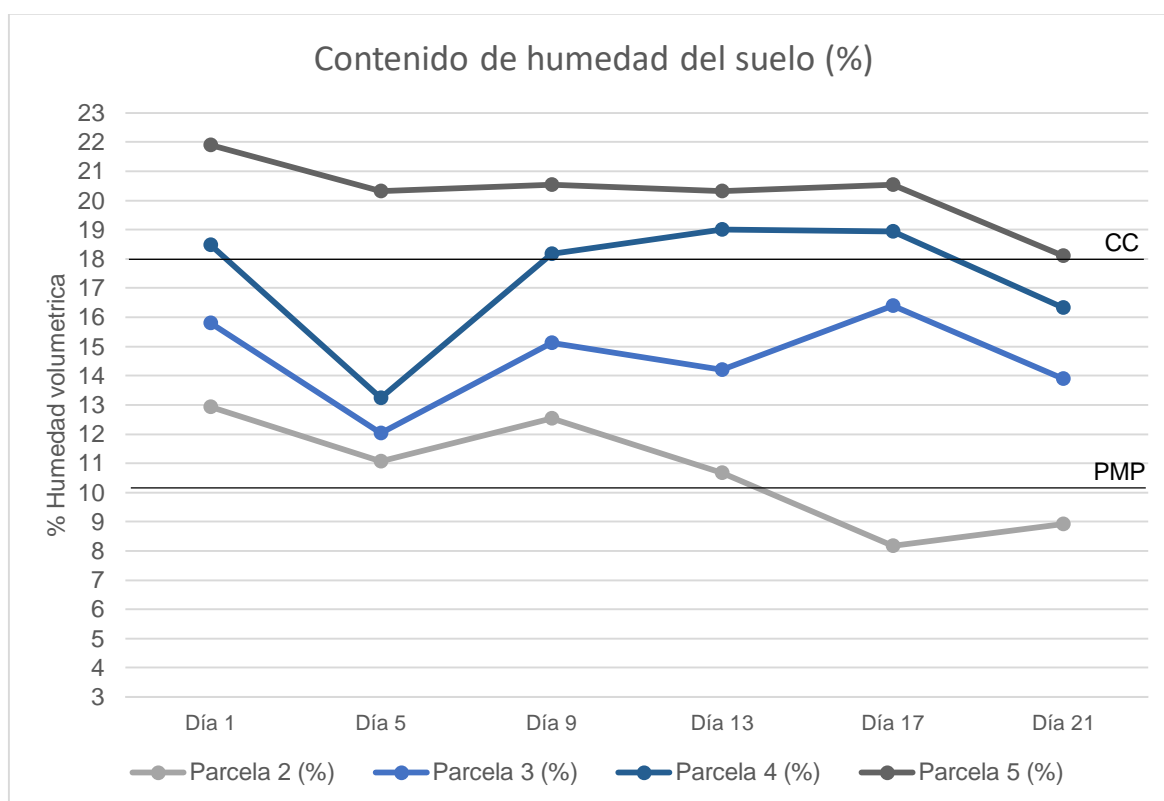
Tabla 20

Promedios diarios de humedad del suelo (frecuencia de 04 día)

Día	Parcela 1 (%)	Parcela 2 (%)	Parcela 3 (%)	Parcela 4 (%)	Parcela 5 (%)
Día 1	-	12.93	15.80	18.47	21.90
Día 5	-	11.07	12.03	13.23	20.33
Día 9	-	12.53	15.13	18.17	20.53
Día 13	-	10.67	14.20	19.00	20.33
Día 17	-	8.17	16.40	18.93	20.53
Día 21	-	8.93	13.90	16.33	18.10

Figura 10

Contenido de humedad, para el riego de frecuencia de cuatro días



En esta etapa, las parcelas N°1 y N°2 se vieron afectadas por una falla en el sistema de riego debido a un grifo averiado, lo que generó variaciones en la humedad del suelo, como se observa en la **Tabla 20**.

No obstante, a pesar de estas variaciones, el volumen de agua aplicado resultó insuficiente para satisfacer la demanda generada por la evapotranspiración del cultivo (ETc), como se observa en las Figura 26 y Figura 27. Como consecuencia, las parcelas presentan síntomas de marchitez.

En cuanto a la parcela experimental N°3, la humedad volumétrica se encuentra entre el Punto de Marchitez Permanente (PMP) y la Capacidad de Campo (CC), lo que indica que el césped aún puede absorber agua del suelo. No obstante, como se muestra en la **Figura 28**, el césped presenta signos de estrés hídrico, evidenciados por cambios en su coloración. Esto se debe a una alta evapotranspiración del cultivo (ETc), influenciada por temperaturas elevadas, baja humedad relativa y vientos fuertes. En estas condiciones, la planta pierde agua más rápido de lo que sus raíces pueden absorber, generando un déficit hídrico temporal en los tejidos y provocando la marchitez de las hojas (Allen et al., 2006).

Por otro lado, en las parcelas experimentales N°4 y N°5, la humedad volumétrica se encuentra por encima de la Capacidad de Campo (CC), lo que indica un exceso de agua en el suelo. Sin embargo, a pesar de la mayor disponibilidad hídrica, se pueden observar signos de estrés hídrico, debido a que la evapotranspiración supera la capacidad de la planta para absorber y reponer el agua perdida.

4.5 Peso de hojas podadas

4.5.1 Pesado de hojas en la primera etapa

En la primera etapa del experimento, se evaluó el peso fresco de las hojas podadas en función de diferentes dosis de riego diario (2, 4, 8, 12 y 16 L/4m²). La **Tabla 21** presenta información sobre el peso de las hojas podadas de cada una de las parcelas experimentales, se muestra una relación directa entre el incremento en la dosis de agua suministrada y el peso de las hojas podadas. Las dosis suministradas a las parcelas 4 y 5 propiciaron una mayor producción de hojas. Lo cual indica que la dotación de agua afecta directamente la tasa de crecimiento, densidad de hojas y calidad visual del césped (Carrow, 1991)

Tabla 21

Peso de las parcelas, primera etapa, con frecuencia de riego diario

Parcela Experimental	Dosis (L/4m ²)	Peso de las hojas podadas (gr)	Observaciones
1	2	37.46	
2	4	40.96	
3	8	52.07	
4	12	67.10	
5	16	78.45	

4.5.2 Pesado de hojas en la segunda etapa

En la segunda etapa del experimento, se realizó el pesado de las hojas frescas de cada parcela experimental. Los resultados se muestran en la **Tabla 21** que muestra una relación directa entre la cantidad de agua suministrada y el peso de las hojas podadas, aunque se observa diferencias con la etapa de riego con frecuencia diario.

En las parcelas con menor dosis de riego (4 y 8 L/4m²), se obtuvieron pesos muy pequeños (5.00 y 5.95 gr, respectivamente). Esto muestra que el crecimiento en las respectivas parcelas fue limitado, ello por un aporte insuficiente de agua.

A medida que se incrementa la dosis de riego, el peso de las hojas podadas aumenta considerablemente. Eso sugiere que las plantas comienzan a responder favorablemente a partir de niveles intermedios de suministro hídrico.

Las dosis de (24 y 32 L/4m²) produjeron los mayores pesos de hojas podadas (109.32 y 122.77gr) lo que indica que un mayor volumen de agua, incluso con riego interdiario, es capaz de mantener un crecimiento vigoroso del césped, sugiriendo que a dosis más alta sean necesarias para contrarrestar los efectos de la disminución en la frecuencia de riego. Esto es importante para el manejo hídrico sin comprometer la calidad del césped.

Con los resultados obtenidos se demuestran que, aunque el riego interdiario puede ser una estrategia para reducir la frecuencia de aplicación de agua, es necesario ajustar la dosis para garantizar que las necesidades hídricas del césped sean satisfechas. Las parcelas N°1 y 2 fueron las que obtuvieron el mayor peso con dosis de 24 y 32 L/m², estos indican que las dosis aplicadas son óptimas para mantener un equilibrio entre calidad del césped y manejo eficiente del agua.

Tabla 22

Peso de las parcelas, segunda etapa, con frecuencia interdiaria

Parcela Experimental	Dosis (L/4m ²)	Peso de las hojas podadas (gr)	Observaciones
1	4	5.00	
2	8	5.95	
3	16	36.26	
4	24	109.32	
5	32	122.77	

4.5.3 Pesado de hojas en la tercera etapa

Los resultados se muestran en la **Tabla 22**, se muestra una tendencia de crecimiento en el peso de las hojas a medida que se incrementa la dosis de riego. Es importante señalar que las parcelas N°1 y 2 fueron afectadas por un evento de inundación

debido a una falla del grifo de riego lo que saturó temporalmente el suelo. Los resultados de estas parcelas deben considerarse como referenciales y no representativos como lo planeado originalmente.

Tabla 23

Peso de las parcelas, etapa tercera, con frecuencia de riego de tres días

Parcela Experimental	Dosis (L/4m ²)	Peso de las hojas podadas (gr)	Observaciones
1	6	13.11	
2	12	18.97	
3	24	24.21	
4	36	68.11	
5	48	82.32	

Las parcelas con dosis (6 y 12 L/4m²) mostraron pesos de (13.11 y 18.97 gr), sin embargo, la saturación en estas parcelas fue afectada por la inundación y ello afectó su desarrollo. Estos resultados son referenciales.

En las parcelas con dosis (24, 36 y 48 L/4m²), los pesos de las hojas podadas aumentaron alcanzando (24.21, 68.11 y 82.32 gr, respectivamente). Esto indica que el césped respondió de manera favorable al incremento en la dosis de riego, incluso bajo una frecuencia de aplicación de tres días.

Las parcelas con dosis de 36 y 48 L/4 m² lograrán mantener un crecimiento relativamente alto, lo que indica que dosis mayores pueden compensar parcialmente la menor frecuencia de riego. Sin embargo, los pesos obtenidos en esta etapa siguen siendo inferiores a los observados con riego diario o interdiario, sugiriendo que este esquema puede no ser ideal para mantener un césped de alta calidad.

4.5.4 Pesado de hojas en la cuarta etapa

Los resultados se muestran en la **Tabla 24**, que muestra una variabilidad en los pesos registrados, con un comportamiento menos consistente en comparación con las

etapas previas. Es importante mencionar que las parcelas N°1 y 2 fueron afectados por un evento donde se inundó dichas parcelas.

Tabla 24

Peso de las parcelas, cuarta etapa, con frecuencia de riego de tres días

Parcela Experimental	Dosis (L/4m ²)	Peso de las hojas podadas (gr)	Observaciones
1	8	8.78	
2	16	7.47	
3	32	6.74	
4	48	18.77	
5	64	22.05	

Las parcelas con dosis (8 y 16 L/m²) registraron pesos de (8.78 y 7.47 gr, respectivamente), debido al evento que afecto a estas parcelas los resultados de estas parcelas son referenciales.

La parcela 3, con una dosis de 32 L/m², obtuvo el menor peso de hojas podadas (6.74 gr) entre las parcelas no afectadas no afectadas, lo que podría indicar que esta cantidad de agua no fue suficiente para compensar la frecuencia de riego en esta etapa.

Las parcelas N°4 y 5 con dosis (48 y 64 L/m²) mostraron un aumento significativo en el peso (18.77 y 22.05 gr) esto muestra que el aumento de dosis puede compensar parcialmente el impacto en la frecuencia de riego.

La menor frecuencia de riego parece ser el factor determinante en la reducción de la biomasa producida, ya que incluso las dosis más altas (64 L/4 m²) no alcanzan a igualar los pesos obtenidos en las etapas anteriores.

Los resultados de esta etapa indican que, aunque es posible compensar parcialmente la menor frecuencia de riego con dosis altas de agua, el intervalo de cuatro días genera una reducción significativa en el crecimiento foliar del césped. Las parcelas afectadas por la inundación deben considerarse referenciales y excluirse del análisis

general. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un manejo más frecuente del riego para garantizar una calidad uniforme y sostenida en el césped.

4.6 Evaluación cualitativa del césped

La evaluación de céspedes suele implicar un enfoque predominantemente visual, donde se consideran aspectos como color, uniformidad y calidad general. En ciertos estudios, estas características se agrupan y son evaluadas de manera integral a través de observaciones visuales (Chalmers, 2021). Esto responde a que la calidad del césped no solo está asociada a su apariencia estética, sino también a su funcionalidad práctica. Partiendo de esta base, se definieron parámetros clave para la evaluación: uniformidad, tonalidad del color. Además, se implementó una metodología estructurada que permite seleccionar la mejor opción entre los tratamientos aplicados, utilizando como herramienta de análisis el Método de Jerarquía Analítica.

Color

Se evaluó el criterio de color utilizando la tabla de colores Munsell como estándar de referencia. Este procedimiento permitió asignar tonalidades específicas basadas en las similitudes observadas, garantizando una clasificación visual precisa y consistente. Los datos obtenidos de esta evaluación se resumen en la tabla que se presenta a continuación, proporcionando una comparación detallada entre los tratamientos analizados.

Durante un período de 18 días, se realizó el riego diario en las parcelas experimentales con dosis de 2, 4, 8, 12 y 16 L/día para una superficie de 4 m². Posteriormente, se llevó a cabo la poda de las parcelas y se evaluaron los parámetros de calidad tanto cuantitativos como cualitativos, entre ellos el color y la uniformidad del césped.

Después de la primera etapa, se ajustaron las dosis y la frecuencia de riego. En una segunda etapa, se aplicó una frecuencia de riego cada 2 días, con dosis de 4, 8, 16,

24 y 32 L/día para una superficie de 4 m². Una vez concluida esta etapa, se realizó nuevamente la poda y se midieron los parámetros de calidad del césped.

En la tercera etapa, se estableció una frecuencia de riego cada 3 días, con dosis de 6, 12, 24, 36 y 48 L/día para una superficie de 4 m². Al finalizar esta etapa, se llevó a cabo la poda y se evaluaron los mismos parámetros de calidad.

Finalmente, en la cuarta etapa, la frecuencia de riego se incrementó a cada 4 días, con dosis de 8, 16, 32, 48 y 64 L/día para una superficie de 4 m². Cada etapa, a partir del segundo tratamiento, tuvo una duración de 15 días. Después de cada poda, se realizó la medición de los parámetros de calidad del césped, permitiendo analizar el impacto de las variaciones en la frecuencia y dosis de riego en las parcelas experimentales.

Tabla 25

Tabla de evaluación del color de las parcelas experimentales

Color		
Valoración	Calificación	Descripción (Según Tabla Munsell)
5	Verde oscuro	Verde vibrante y saludable (5G 4/6)
4	Verde moderado	Verde uniforme con ligeros tonos amarillos (7.5GY 5/4)
3	Amarillo verdoso	Indicativo de estrés hídrico moderado (5GY 6/4)
2	Amarillo pálido	Césped seco con pérdida evidente de verdor (10Y 6/3)
1	Marrón claro	Césped muy y seco y deshidratado (10YR 6/2)

Nota: referencia (Morris, s. f.)

4.6.1 Evaluación del color con frecuencia de riego diario

Los resultados evaluados del color de cada tratamiento obtenido se muestran en la tabla corresponden a las dosis aplicadas de 0.5, 1, 2, 3 y 4 L/día/m², asignadas respectivamente a las parcelas N°1, 2, 3, 4 y 5. Se debe tener en cuenta que cada parcela es de 4 m², lo cual las dosis aplicadas son de 2, 4, 8, 12, 16 L/día/4m².

Se observaron que las dosis de 3 y 4 L/día/m² resultaron en los valores más altos en la escala de color evaluada, reflejando un césped de color verde oscuro uniforme. Esto evidencia una adecuada disponibilidad hídrica, que permite una óptima síntesis de clorofila

y un desarrollo saludable del césped. Estas dosis demostraron ser las más efectivas para mantener un aspecto visual aceptable y una cobertura homogénea.

En contraste, las parcelas con dosis más bajas de 0.5, 1 y 2 L/día/m² mostraron un césped con pérdida de color, características de sequía y amarilleamiento progresivo. Este efecto puede atribuirse al estrés hídrico, que limita los procesos fisiológicos de las plantas, reduciendo la capacidad de regeneración y densidad del césped.

Al comparar estos resultados con normativas y estudios previos, se identifican discrepancias importantes. Por ejemplo, la Norma Técnica IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones en Perú establece una dotación de riego para áreas verdes de 2 L/m²/día. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación indican que esta dotación es insuficiente para mantener un césped con una calidad visual aceptable. Este hallazgo sugiere que la norma puede no estar adecuadamente ajustada a las condiciones climáticas y de suelo locales, lo que plantea la necesidad de revisarla para garantizar un diseño hídrico efectivo en áreas verdes.

Asimismo, los resultados se alinean con la Norma Mexicana de Instalaciones Hidrosanitarias (2022), que recomienda 3 L/m²/día para jardines, y con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador, 2011), que establece un rango entre 2 y 8 L/m²/día. De manera similar, coincide con el estudio de Sotelo (2018), que recomienda una dotación de 4.785 L/m²/día para áreas verdes. Estas referencias refuerzan la validez de los resultados obtenidos, sugiriendo que dotaciones superiores a las establecidas por la IS.010 son necesarias para mantener un césped de buena calidad visual.

Este estudio demuestra que las dotaciones más altas (3 y 4 L/día/m²) no solo producen mejores resultados en términos de color y cobertura, sino que también ofrecen un indicador visual de la salud del césped. Sin embargo, el uso de estas dotaciones debe

evaluarse desde una perspectiva de sostenibilidad, ya que implican un mayor consumo de agua, un recurso crítico en muchas regiones.

Tabla 26

Resultado de la evaluación del color

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m²)	Dosis aplicada (l/día/4m²)	Calificación	Color Observado	Código Munsell	Descripción del color
N°1	0.5	2	2	Amarillo pálido	10Y 6/3	Césped seco con pérdida evidente de verdor
N°2	1	4	2	Amarillo pálido	10Y 6/3	Césped seco con pérdida evidente de verdor
N°3	2	8	2	Amarillo verdoso	5GY 6/4	Indicativo de estrés hídrico moderado
N°4	3	12	4	Verde moderado	7.5GY 5/4	Verde uniforme con ligeros tonos amarillos
N°5	4	16	4	Verde oscuro	5G 4/6	Verde vibrante y saludable

Figura 11

Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 2 L/día/4m²



Figura 12

Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 4 L/día/4m²



Figura 13

Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 14

Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 12 L/día/4m²



Figura 15

Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 16 L/día/4m²



4.6.2 Evaluación del color con frecuencia de riego interdiario

En la segunda fase de la investigación, se modificó la frecuencia de riego a un esquema interdiario, lo que implicó duplicar las dosis aplicadas respecto a la primera fase. Las nuevas dosis fueron de 1, 2, 4, 6 y 8 L/día/m², aplicadas a las parcelas experimentales N°1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 22.

Los datos muestran que las parcelas con dosis más altas (6 y 8 L/día/m²) mantuvieron un césped con un color verde oscuro uniforme, similar a los resultados observados en la fase de riego diario. Este comportamiento indica que, aun con una frecuencia de riego menor, estas dosis proporcionarán suficiente humedad para garantizar un desarrollo adecuado del césped, promoviendo la síntesis de clorofila y una apariencia visualmente aceptable.

Por el contrario, las parcelas con dosis más bajas (1, 2 y 4 L/día/m²) presentaron signos de estrés hídrico, evidenciado por una progresiva pérdida de verdor y una tonalidad amarillenta. Este resultado refuerza lo observado en la primera fase, confirmando que dichas dosis no son suficientes para satisfacer las necesidades hídricas del césped bajo las condiciones experimentales, incluso con un riego menos frecuente, pero con mayor volumen por aplicación.

Al comparar los resultados entre ambas fases, se identifican similitudes notables en el comportamiento del césped para las mismas dosis, independientemente de la frecuencia de riego. Esto sugiere que, bajo las condiciones del experimento, el esquema interdiario con dosis duplicadas puede ser tan efectivo como el riego diario para las parcelas con dotaciones más altas (6 y 8 L/día/m²). Sin embargo, en dosis bajas, el estrés hídrico persiste, indicando que estas dotaciones son insuficientes, independientemente de la frecuencia de aplicación.

La fase interdiaria demostró que es posible mantener la calidad visual del césped con dosis adecuadas, reduciendo la frecuencia de riego. Esto puede traducirse en un ahorro de tiempo y recursos operativos.

Tabla 27

Resultado de la evaluación del color con frecuencia de riego de 2 días

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m ²)	Dosis aplicada (l/día/4m ²)	Calificación	Color Observado	Código Munsell	Descripción del color
N°1	0.5	4	1	Marrón claro	10YR 6/2	Césped muy seco y deshidratado
N°2	1	8	1	Marrón claro	10YR 6/2	Césped muy seco y deshidratado
N°3	2	16	2	Amarillo pálido	10Y 6/3	Césped seco con pérdida evidente de verdor
N°4	3	24	4	Verde moderado	7.5GY 5/4	Verde uniforme con ligeros tonos amarillos
N°5	4	32	5	Verde oscuro	5GY 4/6	Verde vibrante y saludable

Figura 16

Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 4 L/día/4m²



Figura 17

Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 18

Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 16 L/día/4m²



Figura 19

Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 24 L/día/4m²



Figura 20

Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 32 L/día/4m²



4.6.3 Evaluación del color de frecuencia de tres días

En la tercera fase del estudio, se ajustó la frecuencia de riego a cada tres días, lo que implicó triplicar las dosis aplicadas en la primera fase. Las nuevas dosis fueron de 1.5, 3, 6, 9 y 12 L/día/m², correspondientes a 6, 12, 24, 36 y 48 L/día/4m² en función del área experimental de 4 m² por parcela. Los resultados se muestran en la **Tabla 28**

Dotaciones altas (9 y 12 L/día/m²): Las parcelas que recibieron estas dosis mantuvieron un césped con un color verde oscuro uniforme, una cobertura homogénea y sin signos visibles de estrés hídrico. Estos resultados son consistentes con las fases previas, confirmando que estas dotaciones son adecuadas para suplir las necesidades hídricas del césped, incluso con una menor frecuencia de riego.

Dotaciones bajas (1.5, 3 y 6 L/día/m²): Estas parcelas muestran signos de estrés hídrico, incluyendo tonalidades amarillentas y una reducción en la densidad de la

cobertura. La insuficiencia de estas dosis para mantener la calidad visual del césped es evidente, especialmente con una frecuencia de riego extendida.

Los resultados obtenidos en la tercera fase presentan un comportamiento similar al observado en las fases de riego diario e interdiario:

Las dotaciones más altas (9 y 12 L/día/m²) demostraron ser efectivas en todas las fases, garantizando una calidad visual aceptable y evitando signos de estrés hídrico.

Las dotaciones más bajas no lograron mantener la calidad visual adecuada en ninguna de las fases, reafirmando que estos valores no son suficientes para satisfacer las necesidades hídricas del césped bajo las condiciones experimentales.

La frecuencia de riego cada tres días, combinada con dosis adecuadas, demuestra ser efectiva para mantener la calidad del césped. Este enfoque puede reducir significativamente la frecuencia operativa, ahorrando tiempo, recursos y costos asociados.

Tabla 28

Resultado de la evaluación del color con frecuencia de riego de 3 días

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m ²)	Dosis aplicada (l/día/4m ²)	Calificación	Color Observado	Código Munsell	Descripción del color
N°1	0.5	6	1	Marrón claro	10 YR 6/2	Césped muy seco y deshidratado
N°2	1	12	1	Marrón claro	10 YR 6/2	Césped muy seco y deshidratado
N°3	2	24	2	Amarillo pálido	10 YR 6/3	Césped seco con pérdida evidente de verdor
N°4	3	36	4	Verde moderado	7.5 GY 5/4	Verde uniforme con ligeros tonos amarillos
N°5	4	48	5	Verde oscuro	5GY 4/6	Verde vibrante y saludable

Figura 21

Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 6 L/día/4m²



Figura 22

Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 12 L/día/4m²



Figura 23

Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 24 L/día/4m²



Figura 24

Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 36 L/día/4m²



Figura 25

Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 4 L/día/4m²



4.6.4 Evaluación del color con frecuencia de riego de cuatro días

Los resultados obtenidos en la cuarta fase del experimento evidencian que, aunque la humedad del suelo se mantuvo dentro del rango entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) las hojas del césped presentaron signos de sequedad, lo que indica la presencia de estrés hídrico en las plantas.

Este fenómeno puede explicarse por la alta demanda evaporativa durante el período experimental. De acuerdo con la teoría de equilibrio hídrico, la evapotranspiración real (ET_c) representa la cantidad de agua perdida por evaporación del suelo y transpiración de las plantas. Si la frecuencia de riego no compensa adecuadamente esta pérdida, las plantas pueden experimentar déficits hídricos, incluso si el suelo aún conserva cierto nivel de humedad aprovechable.

Además, la distribución del agua en el perfil del suelo también influye en la accesibilidad del recurso para las raíces. En este caso, el sistema radicular del césped pudo haberse desarrollado mayormente en las capas superficiales del suelo, limitando su capacidad de extraer agua en profundidad. Si bien los valores de humedad indicaban que el suelo retenía cierta cantidad de agua disponible, esto no necesariamente se encontraba en una ubicación óptima para la absorción radicular.

Otro aspecto a considerar es que la reducción en la frecuencia de riego (cada 4 días en esta fase) pudo haber generado ciclos de estrés hídrico acumulado, afectando la capacidad de recuperación del césped. Este factor se evidencia en la disminución progresiva de la uniformidad del color y la aparición de hojas con signos de necrosis y clorosis.

Finalmente, cabe resaltar que, aunque la Norma Técnica IS.010 establece un riego de 2 L/m²/día, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que dicho valor podría ser insuficiente para mantener un césped en condiciones óptimas, especialmente en climas con alta demanda evaporativa. En este sentido, normativas internacionales como la Norma Mexicana (Instalaciones Hidrosanitarias, 2022) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (MIDUVI, 2011), que establecen rangos de 3 a 8 L/m²/día, podrían ser más adecuadas para el diseño de sistemas de riego eficientes

Tabla 29

Resultado de la evaluación del color con frecuencia de riego de 4 días

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m ²)	Dosis aplicada (l/día/4m ²)	Calificación	Color Observado	Código Munsell	Descripción del color
N°1	0.5	8	*	-	-	-
N°2	1	16	*	-	-	-
N°3	2	32	1	Marrón claro	10 YR 6/2	Césped muy seco y deshidratado
N°4	3	48	3	Amarillo verdoso	5GY 6/4	Indicativo de estrés hídrico moderado
N°5	4	64	3	Amarillo verdoso	5GY 6/4	Indicativo de estrés hídrico moderado

*Nota: *Estos no fueron considerados ya que hubo evento de inundación en las parcelas N°1 y N°2*

Figura 26

Color de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 27

Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 16 L/día/4m²



Figura 28

Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 29

Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 48 L/día/4m²



Figura 30

Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 64 L/día/4m²



4.7 Uniformidad

Se realizó la evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales luego de realizar la poda en al término de cada etapa, La evaluación se realizó con la **Tabla 30**.

Tabla 30

Tabla de evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales

Uniformidad		
Valoración	Calificación	Descripción
5	Excelente	Césped uniforme en color (>95%)
4	Muy buena	Césped con ligera variación en color (85-95%)
3	Buena	Césped con moderada diferencias en color (70-85%)
2	Regular	Césped con áreas claras de desigualdad en color (50-70%)
1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%),

Nota: Rosas Porto, L. (2003). Criterios para la evaluación de céspedes ornamentales y deportivos. Lima, Perú.

4.7.1 Evaluación de la uniformidad con frecuencia de riego diario

La **Tabla 31** muestra los valores obtenidos en la evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales según cada dosis de riego aplicado diariamente.

Se terminó que las parcelas N°4 y N°5 son los que obtuvieron los valores más altos en uniformidad, evidenciando una distribución homogénea del césped en cuanto a color y densidad lo cual indica que las dosis de riego de 12 y 16 L/4m² /día favorecen significativamente la calidad del césped.

Por otro lado, las parcelas N°1 y N°2 mostraron valores deficientes en cuanto a la uniformidad, con un césped desigual, por lo que se puede decir que las dosis aplicadas a las parcelas 2 y 4 L/4m²/día no fueron suficientes para mantener una óptima uniformidad.

En el caso de la parcela N°3, la uniformidad se clasificó como regular, con áreas visibles de desigualdad en color. Esto indica que la dosis aplicada de 8 L/4m²/día lo cual indica la norma IS010, no es la adecuada para mantener la uniformidad del césped.

Los resultados mostrados indican que la cantidad de agua potable aplicada influye directamente en la uniformidad del césped, siendo las dosis más efectivas de (12 y 16 L/día/m²) con ello se logra mantener un césped homogéneo.

Tabla 31

Resultados de uniformidad en función de la frecuencia diaria de riego.

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m ²)	Dosis aplicada (l/día/4m ²)	Valoración	Calificación	Descripción
N°1	0.5	2	1	Deficiente	Césped desigual
N°2	1	4	1	Deficiente	Césped desigual
N°3	2	8	2	Regular	Césped con áreas claras desiguales en color
N°4	3	12	4	Muy buena	Césped con ligera variación de color
N°5	4	16	4	Muy buena	Césped con ligera variación de color

Figura 31

Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 2 L/día/4m²



Figura 32

Uniformidad de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 4 L/día/4m²



Figura 33

Uniformidad de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 34

Uniformidad de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 12 L/día/4m²



Figura 35

Uniformidad de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 16 L/día/4m²



4.7.2 Evaluación de uniformidad con frecuencia de riego interdiario

La **Tabla 32** muestra valores obtenidos en la evaluación de la uniformidad de parcelas experimentales para cada dosis de riego aplicada diariamente. Ello indica que las parcelas N°4 y N°5 tiene los valores más altos de uniformidad, esto indica que las dosis de (24 y 32 L/4m²) son adecuados para mantener la uniformidad del césped.

Las parcelas N°1 y N°2, con dosis de (4 y 8 L/4m²), presentaron una calificación deficiente ya que muestran un césped desigual en color. Ello indica que las dosis de agua son insuficientes para cubrir las necesidades hídricas del césped bajo una frecuencia de riego inter diario.

Por otro lado, la parcela N°3, la uniformidad se clasifico como regular, con áreas visibles de desigualdad en color. Esto indica que la dosis aplicada de 8 L/4m²/día lo cual indica la norma IS010, no es la adecuada para mantener la uniformidad del césped.

Los resultados indican que una frecuencia de riego interdiario, combinado con una dosis de mayor igual a 24 L/4m², son efectivas para mejorar la uniformidad del césped.

Tabla 32

Resultados de uniformidad en función de la frecuencia interdiaria de riego

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m ²)	Dosis aplicada (L/4m ²)	Valoración	Calificación	Descripción
N°1	0.5	4	1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%)
N°2	1	8	1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%)
N°3	2	16	2	Regular	Césped con áreas claras de desigualdad en color (50-70%)
N°4	3	24	4	Muy buena	Césped con ligera variación en color (85-95%)
N°5	4	32	4	Muy buena	Césped con ligera variación en color (85-95%)

Figura 36

Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 4 L/día/4m²



Figura 37

Uniformidad de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 38

Uniformidad de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 16 L/día/4m²



Figura 39

Uniformidad de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 24 L/día/4m²



Figura 40

Uniformidad de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 32 L/día/4m²



4.7.3 Evaluación de la uniformidad con frecuencia de riego de tres días

La **Tabla 33** muestra los valores obtenidos en la evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales según cada dosis de riego aplicada con una frecuencia de tres días.

Los resultados reflejan que las parcelas N°4 y N°5 obtuvieron los valores más altos en uniformidad, lo cual indica que estas dosis de riego favorecen significativamente la calidad del césped en cuanto a la uniformidad.

Por otro lado, las parcelas N°1 y N°2 obtuvieron una calificación deficiente, con un césped desigual y una característica variable visual, lo cual indica que las dosis aplicadas (6 y 12 L/4m²) no fueron suficientes para mantener una adecuada uniformidad del césped. Esto se atribuye al estrés hídrico causada por una baja cantidad de agua aplicada. Se debe tener en cuenta que en el periodo de experimentación de esta frecuencia de tres días se

presentó un evento de inundación, los cuales afectaron parcialmente los resultados de estas parcelas.

Por otro lado, la parcela N°3, la uniformidad se clasificó como regular, con áreas visibles de desigualdad en color. Esto indica que la dosis aplicada de 24 L/4m²/día lo cual indica la norma IS010, no es la adecuada para mantener la uniformidad del césped.

Los resultados obtenidos indica que, para mantener una calidad óptima del césped en cuanto a uniformidad, una frecuencia de tres días y dosis aplicada mayor a 36 L/m², son efectivas para mantener la calidad homogénea.

Tabla 33

Resultado de la uniformidad, frecuencia de riego de tres días

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m²)	Dosis aplicada (l/día/4m²)	Valoración	Calificación	Descripción
N°1	0.5	6	1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%),
N°2	1	12	1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%),
N°3	2	24	2	Regular	Césped con áreas claras de desigualdad en color (50-70%)
N°4	3	36	4	Muy buena	Césped con ligera variación en color (85-95%)
N°5	4	48	4	Muy buena	Césped con ligera variación en color (85-95%)

Figura 41

Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 6 L/día/4m²



Figura 42

Uniformidad de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 12 L/día/4m²



Figura 43

Uniformidad de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 24 L/día/4m²



Figura 44

Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 36 L/día/4m²



Figura 45

Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 48 L/día/4m²



4.7.4 Evaluación de uniformidad con frecuencia de riego de cuatro días

La **muestra los** valores obtenidos en la evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales según cada dosis de riego aplicada con una frecuencia de cuatro días.

Los resultados muestran que a medida que se incrementa la dosis de riego, la uniformidad del césped mejora. La parcela N°3 con dosis de 32 L/4m², presento una uniformidad deficiente, mientras que la parcela N°4 con dosis de 48 L/4m² alcanzo la valoración de regular. En cuanto a la parcela N°5 con dosis de 64 L/4m²se obtuvo una valoración buena, en general las dosis aplicadas no fueron suficientes para mantener una óptima calidad en cuanto a la uniformidad del césped.

Se debe tener en cuenta que en el periodo de experimentación de esta frecuencia de cuatro días se presentó un evento de inundación, los cuales afectaron parcialmente los resultados de estas parcelas.

Tabla 34 muestra los valores obtenidos en la evaluación de la uniformidad de las parcelas experimentales según cada dosis de riego aplicada con una frecuencia de cuatro días.

Los resultados muestran que a medida que se incrementa la dosis de riego, la uniformidad del césped mejora. La parcela N°3 con dosis de 32 L/4m², presento una uniformidad deficiente, mientras que la parcela N°4 con dosis de 48 L/4m² alcanzo la valoración de regular. En cuanto a la parcela N°5 con dosis de 64 L/4m² se obtuvo una valoración buena, en general las dosis aplicadas no fueron suficientes para mantener una óptima calidad en cuanto a la uniformidad del césped.

Se debe tener en cuenta que en el periodo de experimentación de esta frecuencia de cuatro días se presentó un evento de inundación, los cuales afectaron parcialmente los resultados de estas parcelas.

Tabla 34

Resultado de la uniformidad, frecuencia de riego de cuatro días

Parcela experimental	Dosis por unidad de área (L/día/m ²)	Dosis aplicada (l/día/4m ²)	Valoración	Calificación	Descripción
N°1	0.5	8	*	-	-
N°2	1	16	*	-	-
N°3	2	32	1	Deficiente	Césped desigual en color (<50%)
N°4	3	48	2	Regular	Césped con áreas claras de desigualdad en color (50-70%)
N°5	4	64	3	Buena	Césped con moderada diferencias en color (70-85%)

*Nota: *Estos no fueron considerados ya que hubo evento de inundación en las parcelas N°1 y N°2*

Figura 46

Uniformidad de césped de la Parcela N°1, dosis de riego 8 L/día/4m²



Figura 47

Color de césped de la Parcela N°2, dosis de riego 16 L/día/4m²



Figura 48

Color de césped de la Parcela N°3, dosis de riego 32 L/día/4m²



Figura 49

Color de césped de la Parcela N°4, dosis de riego 48 L/día/4m²



Figura 50

Color de césped de la Parcela N°5, dosis de riego 64 L/día/4m²



Conclusiones

Las conclusiones se presentarán por etapas para cada dosis analizada y frecuencia de riego. Es importante mencionar que el experimento se llevó a cabo en los meses de verano en la ciudad de Lima, enero, febrero, marzo y abril del 2024.

Etapa 1: Riego diario

A. Resultados observados

- Las parcelas con dosis más altas de agua potable (12 y 16 L/4m²) presentaron los mejores resultados en cuanto al color de hojas, uniformidad, humedad volumétrica y peso de hojas podadas.
- Las parcelas con dosis menores (2 y 4 L/4m²) muestran signos de estrés hídrico, el cual se ve reflejado en el color, uniformidad, humedad volumétrica y peso de hojas podadas.
- La parcela con dosis de 8 L/4m² (equivalente a la norma IS 010, que establece una dotación de 2 L/m²/día), dicha dosis no fue suficiente para mantener un césped de calidad. Los resultados muestran afectaciones significativas en el color y la uniformidad del césped, los cuales indican presencia de estrés hídrico. Esto indica que, bajo condiciones similares de la investigación, la norma IS 010 podría no ser aplicable en cuanto a la dotación de áreas verdes.

B. Conclusión general

- En esta etapa, un riego diario con dosis mayores iguales a 12 L/4m² (dotación de 3 L/m²/día) favoreció el desarrollo y la calidad del césped, mientras que con dosis menores no fueron suficientes para mantener un crecimiento adecuado. Con lo cual se acepta la hipótesis de la presente investigación.

Etapa 2: Riego Interdiario

A. Resultados observados

- Las parcelas con dosis (24 y 32 L/m²) presentaron los mejores valores de color, uniformidad, humedad volumétrica y peso de fresco de las parcelas podadas.
- Las parcelas con dosis bajas (4 y 8 L/4m²) no alcanzaron una calidad de césped deseada, por ello muestran signos de estrés y un crecimiento limitado.

B. Conclusión general

- Un riego interdiario con dosis de 24 a 32 L/m² permitió un equilibrio entre frecuencia y cantidad de agua suministrada, logrando un césped saludable y uniforme.

Etapa 3: Riego cada tres días

A. Resultados observados

- Las parcelas N°4 y 5, con dosis de 36 y 48 L/m², lograron mantener una calidad adecuada, aunque con un crecimiento más moderado.
- Las parcelas con dosis menores de (6, 12 y 24 L/m²) mostraron síntomas de estrés hídrico significativo, con reducciones notables en el peso de hojas podadas, pérdida de uniformidad, color.
- Es importante desracar que las parcelas N°1 y 2 se vieron afectadas por un evento de inundación, por lo que los resultados se vieron afectados, pese a ellos se observó que estas parcelas mostraron signos de estrés.

B. Conclusión general

- En la presente etapa de investigación, la dosis de 36 a 48 L/m² fue suficiente para mantener la calidad del césped,

Etapa 4: Riego cada 4 días

A. Resultados observados

- Las parcelas N°4 y 5, con dosis aplicadas de 48 y 64 L/m², presentaron los mejores resultados en peso de hojas y calidad visual del césped.
- Las parcelas con menores dosis (8, 16 y 32 L/m²) no lograron mantener una calidad adecuada, presentando una coloración más amarillenta y un crecimiento limitado.
- Las parcelas N°1 y N°2 se vieron afectadas por un evento de inundación, lo que influyó en el resultado, pese a ellos se observó que estas parcelas mostraron signos de estrés.

B. Conclusión general

- Aun con dosis altas aplicadas como (48 y 64 L/m²) ayudaron a mitigar los efectos de la frecuencia de riego, estas dosis fueron insuficientes para mantener una calidad óptima del césped en cuanto al color, uniformidad. Por lo que se notó signos de estrés hídrico en estas parcelas N°4 y N°5.

El análisis de las cuatro etapas muestra que tanto la frecuencia como la dosis de riego tienen un impacto directo en la calidad del césped.

Frecuencia más alta (riego diario e interdiario), combinadas con dosis adecuadas, permitieron mantener un crecimiento uniforme, un color verde y mayores pesos de hojas podadas.

Frecuencia más baja (riego cada tres y cuatro días) requieren dosis significativamente mayores para evitar el estrés hídrico, pero incluso en estas condiciones, la calidad general del césped disminuye.

Las parcelas con mayores dosis en todas las etapas (Dotación mayor a 3 L/m² día) mostraron un desempeño constante y resultados positivos, evidenciando de esta manera la cantidad adecuada de agua suministrada.

Con ello se puede concluir que el consumo real de agua potable por las áreas verdes de la institución educativa 3092 – Kumamoto I, es mayor igual a 3 L/m²/día.

Recomendaciones

Las instituciones educativas deben promover investigaciones de este tipo con objetivo de determinar un valor representativo del consumo de áreas verdes. Esto permitiría generar datos útiles para el diseño de estrategias eficientes de manejo hídrico.

Es importante concientizar y capacitar al personal encargado de riego de áreas verdes en instituciones educativas, para de esa manera adoptar buenos hábitos de riego y de esa manera realizar programas de riegos.

Para mantener una calidad del césped, se recomienda emplear una frecuencia de riego diario o interdiario con dosis ajustada entre 12 y 24 L/m², dependiendo de las condiciones climáticas y del tipo de suelo. Estas dosis demostraron ser suficientes para la calidad del césped en términos de color, uniformidad, humedad relativa y peso de hojas podadas.

En el caso de que el riego se realice cada tres a cuatro días, se recomienda aumentar la dosis de agua a valores superiores a 36 L/m², ya que a dosis menores provocan estrés hídrico significativo en el césped, incidiendo en su color, uniformidad, humedad relativa y el peso de las hojas podadas.

Los resultados del estudio sugieren que la dosis establecida por la norma IS010 no es suficiente para mantener un césped de calidad bajo las condiciones en las que se llevó a cabo la investigación. Se recomienda que este valor sea usado con precaución al usarlo para elaboración de proyectos en otros lugares con condiciones climáticas y suelo diferentes.

Referencias bibliográficas

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje (Vol. 56). FAO. <https://www.fao.org/3/a0562s/a0562s00.htm>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., & Raes, D. (2006). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Utah State University, Logan, Utah, EE. UU.
- AQUAFONDO. (2015). Lima, mega ciudad en el desierto. Fondo de Agua para Lima y Callao.
- Autoridad Nacional del Agua. (2003). El agua en cifras. Autoridad Nacional del Agua. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Rímac: historia del río hablador. Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/rimac-historia_del_rio_hablador.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Observatorio del agua. Autoridad Nacional del Agua. <https://crhc.ana.gob.pe/estado-situacional-de-los-recursos-hidricos/demanda-y-uso/seg%C3%BAAn-tipo-uso/recreativo>
- Carrow, R. N. (1991). Turfgrass water use, drought resistance and rooting patterns in the Southeast. Department of Agronomy, College of Agriculture and Environmental Science, University of Georgia.
- Chalmers, D. (2021). Fertilización del césped en Virginia (Lawn fertilization in Virginia). Virginia Tech. https://pubs.ext.vt.edu/content/pubs_ext_vt_edu/en/430/430-011s/430-011s.html
- CONADI. (2017). Cómo determinar cuánto y cuándo regar. http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Conadi.pdf
- Consejería de Agricultura y Pesca. (2009). Manual de riego de jardines. Junta de Andalucía.
- Corpeño, B. (2004). Manual del cultivo del tomate. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios.

- Cifuentes, A. T. (2016). Requerimiento de agua para el césped americano (*Stenotaphrum secundatum*) empleando riego por goteo subterráneo, durante el otoño en la UNALM [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2485>
- Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego. (2015). Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego.
- Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Córdoba. (s.f.). Determinación del contenido hídrico del suelo. <https://www.tecnoriegovalley.com.ar/uploads/fca-unc-determinacion-del-contenido-hidrico-del-suelo-2983.pdf>
- Fondo de Agua para Lima y Callao. (2020). Informe institucional. AQUAFONDO. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4547>
- Fuentes, J. (2003). Técnicas de riego. Ministerio de Agricultura y Pesca.
- IMPLAN. (2012). Estrategia integral de áreas verdes para la ciudad de León. Instituto Municipal de Planeación. https://implan.gob.mx/1/admin/Areas_Verdes2012.pdf
- Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). (s.f.). Conceptos básicos relacionados con riego (Cartilla divulgativa N.º 6). INIA. <https://biblioteca.inia.cl/items/a929fe82-7bc2-434f-a6ca-fdc854503679>
- Instituto Metropolitano de Planificación. (2010). Inventario de áreas verdes a nivel metropolitano. Municipalidad de Lima.
- Limaye, A. S. (1996). Urban green spaces: Composition and structure. *Environmental Research Journal*, 10(2), 45-52.
- Luis, S. (2004). El riego y sus tecnologías. CREA-UCLM.
- Meza, A. T. (2016). Requerimiento de agua para el césped americano (*Stenotaphrum secundatum*) empleando riego por goteo subterráneo, durante el otoño en la UNALM [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2485>
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2020). Decreto Supremo que establece los niveles de calidad del agua residual tratada con fines de reúso agrario. Diario Oficial El Peruano.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones. MVCS. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Morris, K. N. (s.f.). NTEP turfgrass evaluation guidelines.
- NTX Agro. (s.f.). Medición de humedad en suelos agrícolas: métodos y tecnologías. <https://nxtagro.io/medicion-de-humedad/>
- Ollaguez, D. E. (2006). Proceso de análisis jerárquico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Orozco, A. (2011). Determinación del régimen de riego para manzano bajo microaspersión. En Retos de la investigación del agua en México (pp. 239-253).
- Ortiz, V. J. (2003). Manual para el uso eficiente y racional del agua: ¡Utiliza solo la necesaria!
- Payero, J. (2005). Water encyclopedia. Wiley. <http://onlinelibrary.wiley.com>
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación (3.ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Puppo, L., & García, M. (2009). Estimación de los coeficientes de tanque "A" para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia en la zona sur del Uruguay. *Agrociencia*, 13(1), 47-51.
- Rosas Porto, J. A. (2003). El zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*): Una alternativa de césped para la región semiárida de México [Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1254/T13627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, R. C. (2005). Sistema de riego, uso, manejo e instalaciones. RIPALME EIRL.
- Secretaría de Economía. (2015). Norma Mexicana NMX-AA-2015: Instalaciones hidrosanitarias para edificación de vivienda. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Educación Pública. (2022). Tomo II: Instalaciones hidrosanitarias.

SEDAPAL. (2013). Plan maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado: Tomos I y II, diagnóstico.

SEDAPAL. (2014). Plan maestro 2015-2044.

SEDAPAL. (2023). Reporte de sostenibilidad 2023.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6992805/6027666-reporte-de-sostenibilidad-sedapal-2023%282%29.pdf>

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2017). Lima: 5.7 millones de metros cuadrados de parques y jardines son regados con agua potable. Actualidad Ambiental.
<https://www.actualidadambiental.pe/lima-5-7-millones-de-metros-cuadrados-de-parques-y-jardines-son-regados-con-agua-potable/>

UNALM. (2023). Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zotarelli, L., Dukes, M., & Morgan, K. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. Servicio de Extensión Cooperativa, Universidad de Florida. <https://www.researchgate.net/publication/345870387>

Plantae Agro. (2022, agosto 22). Agua de riego en jardinería y campos deportivos: Parámetros a tener en cuenta. Plantae. <https://plantae.garden/agua-de-riego-para-jardineria-y-campos-deportivos-parametros-a-tener-en-cuenta/>

Anexos

Anexo 1: Resultados de análisis de agua de riego.....	1
Anexo 2: Resultados de análisis del suelo de las parcelas experimentales	3
Anexo 3: Registro de humedad con frecuencia de riego diario	4
Anexo 4: Registro de humedad con frecuencia interdiaria	20
Anexo 5: Registro de humedad con frecuencia de tres días	27
Anexo 6: Registro de humedad con frecuencia de cuatro días	32

Anexo 1: Resultados de análisis de agua de riego

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : NEMIAS LEONCIO SILVA CERNA
PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL CONSUMO REAL DE AGUA POTABLE PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN EDIFICACIONES, REALIZADA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA 3092 - KUMAMOTO I, DISTRITO DE PUENTE PIEDRA*
UBICACIÓN : Jardín Experimental
RESPONSABLE ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 29 de noviembre de 2023

N° LABORATORIO		10732
N° DE CAMPO		Agua
CE	dS m ⁻¹	0.73
pH		7.70
Calcio	meq l ⁻¹	4.69
Magnesio	meq l ⁻¹	1.40
Sodio	meq l ⁻¹	1.03
Potasio	meq l ⁻¹	0.04
SUMA DE CATIONES		7.15
Cloruro	meq l ⁻¹	4.32
Sulfato	meq l ⁻¹	0.53
Bicarbonato	meq l ⁻¹	2.46
Nitratos	meq l ⁻¹	0.00
Carbonatos	meq l ⁻¹	0.00
SUMA DE ANIONES		7.26
SAR		0.59
CLASIFICACION		C2-S1
Boro	mg l ⁻¹	0.03

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO


Dra. Rocio Pastor Jauregui
JEFA DE LABORATORIO



CLAVE

PELIGRO DE SALES

C1 - Salinidad baja	(0.00 - 25 dS/m)	:	Buenas para riego de diferentes cultivos. Sólo peligro de salinización de suelos muy impermeables de difícil drenaje interno.
C2 - Salinidad moderada	(0.25 - 0.75 dS/m)	:	De calidad buena para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal. Peligro para plantas muy sensibles y suelos impermeables.
C3 - Salinidad entre media y alta	(0.75 - 2.25 dS/m)	:	El suelo debe tener buena permeabilidad. El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.
C4 - Salinidad alta	(2.25 - 4.00 dS/m)	:	Sólo para plantas tolerantes y suelos permeables, donde pueden ser necesarios lavados especiales para remover las sales.
C5 - Salinidad muy alta	(4.00 - 6.00 dS/m)	:	Sólo para plantas muy tolerantes, suelos muy permeables y donde se pueden aplicar lavados frecuentes para remover el exceso de sales.
C6 - Salinidad excesiva	(más de 6.00 dS/m)	:	Deben tomarse precauciones para su uso (pueden usarse en suelos muy permeables y/o mezclado con agua de buena calidad).

PELIGRO DE SODIO

S1 - Poco sodio	Sin peligro:
S2 - Medio sódica	Peligro en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso. Puede usarse en suelos de textura gruesa entre arenosa y franca u orgánica con permeabilidad adecuada.
S3 - Muy sódica	Peligro en suelos sin yeso. requieren estos suelos de buen drenaje. adición de materia orgánica y eventuales enmiendas químicas. tales como yeso o azufre, que no son efectivos si las aguas son de salinidad alta C4.
S4 - Excesivamente sódica	No sirven generalmente para riego. Sólo cuando la salinidad es baja o media, donde la solución de calcio del suelo o el uso del yeso u otras enmiendas pueden hacer factibles el uso de esta agua.

PELIGRO DE BORO, CARBONATO DE SODIO RESIDUAL Y DUREZA

Boro		Na ₂ CO ₃ Residual		Dureza Total	
ppm	Clase	meq/l.	Tipo de agua	mgCaCO ₃ /Lt.	Tipo de agua
< 0.3	Buena	Menor a 1.25	Recomendable	< 75	Agua blanda
		1.25 - 2.50	Poco recomendable	75 - 150	Agua moderada
0.3 - 4.0	Condicionada	Mayor de 2.50	No recomendable	150 - 300	Agua dura
> 4.0	No recomendable			> 300	Agua muy dura

Anexo 2: Resultados de análisis del suelo de las parcelas experimentales



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n teléf.: 614 7800 anexo 226 / 349 3969 E mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 020187

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NEMIAS LEONCIO SILVA CERNA
PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL CONSUMO REAL DE AGUA POTABLE PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN EDIFICACIONES, REALIZADA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA 3092 - KUMAMOTO I, DISTRITO DE PUENTE PIEDRA*
PROCEDENCIA : Jardín Experimental
RESP. ANÁLISIS : Ing. Elizabeth Montemey Porras
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 29 de noviembre de 2023

Número de muestra		CE dS m ⁻¹ Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					Parámetros Hídricos			
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ -H ⁺	Cc %	Pm %	dap g cm ⁻³	
												Cmol (+) Kg ⁻¹								
20187	C1 Prof. 15 cm	3.53	59.12	17.84	23.04	Franco arcillo arenoso	7.44	2.21	0.60	628.00	4.20	15.97	11.63	1.66	0.13	0.61	-	17.93	9.65	1.41

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



Dra. Rocio Pastor Jauregui
JEFA DE LABORATORIO



Anexo 3: Registro de humedad con frecuencia de riego diario

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS

CARACTERIZACIÓN COMPLETA

1. Análisis mecánico: textura por método Hidrómetro
2. Conductividad eléctrica: C.E. Lectura de extracto de relación suelo-agua 1:1 y extracto de la pasta saturada
3. pH: lectura de extracto de relación suelo-agua 1:1 y extracto de la pasta saturada
4. Calcáreo total: método gaso- volumétrico
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black. % M.O = % C x 1,724
6. Nitrógeno total: método Micro Kjeldahl
7. Fósforo: método de Cisen Modificado, extracto. NaHCO₃, 0,5M, pH= 8,5
8. Potasio disponible: extracto acetato de amonio 1N, pH 7,0
9. Capacidad de intercambio catiónico: acetato de amonio 1N pH 7,0
10. Cambiables: determinado en extracto amónico
 - Ca²⁺: espectrofotometría de absorción atómica
 - Mg²⁺: espectrofotometría de absorción atómica
 - K⁺: espectrofotometría de absorción atómica
 - Na⁺: espectrofotometría de absorción atómica

SALINIDAD y SODICIDAD (1 :3)

1. Cationes solubles
 - Ca²⁺: espectrofotometría de absorción atómica
 - Mg²⁺: espectrofotometría de absorción atómica
 - K⁺: espectrofotometría de absorción atómica
 - Na⁺: espectrofotometría de absorción atómica
2. Aniones solubles
 - Cl⁻: volumétrico: nitrato de plata
 - CO₃⁻: volumétrico: ácido clorhídrico
 - HCO₃⁻: volumétrico: ácido clorhídrico
 - SO₄⁻: turbidimétrico: sulfato de bario
 - NO₃⁻: colorimétrico
3. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona
4. Boro soluble: colorimétrico: método de la curcuma

INTERPRETACIÓN Disponibles

C.E. (Sales) (dS m ⁻¹)	
< 2	Muy ligeramente salino
2 - 4	Ligeramente salino
4 - 8	Moderadamente salino
8 - 16	Fuertemente salino
> 16	Extremadamente salino

Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total CaCO ₃ (%)	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)
Bajo	< 2%	< 1%	<7	<100
Medio	2 - 4%	1- 5%	7-14	100 - 240
Alto	>4%	>5%	>14	> 240

CIC efectiva cmol(+) Kg ⁻¹	
2 - 5	muy baja
5 - 10	baja
10 - 15	media
15 - 20	alta
> 20	muy alta
















CIC total cmol(+) Kg ⁻¹	
0 - 10	muy baja
10 - 20	baja
20 - 35	media
35 - 45	media-alta
> 45	alta

EQUIVALENCIAS
 1 mmhos/cm = 1 dS m⁻¹
 1 meq/100gr = 1 cmol(+) Kg⁻¹






Reacción del Suelo (pH)	
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6,0	Moderadamente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino






* Según respuesta de los cultivos


* CIC: Capacidad de intercambiable de cationes

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	27/01/2023	4:07 p. m.	Soleado	7.70	8.10	7.60	7.80
Fotografías							
							
2	27/01/2024	4:10 p. m.	Soleado	11.80	12.50	11.20	11.83
							
3	27/01/2024	4:10 p. m.	Soleado	15.10	15.70	15.80	15.53
							
4	27/01/2024	4:14 p. m.	Soleado	20.80	20.50	20.60	20.63
							
5	27/01/2024	4:13 p. m.	Soleado	22.40	21.00	23.00	22.13
							






Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	28/01/2023	4:23 p. m.	Soleado	6.80	7.70	7.40	7.30
Fotografías							
2	28/01/2023	4:36 p. m.	Soleado	9.60	9.10	10.10	9.60
3	28/01/2023	4:40 p. m.	Soleado	15.10	15.50	15.20	15.27
4	28/01/2023	4:44 p. m.	Soleado	21.10	21.20	22.20	21.50
5	28/01/2023	4:46 p. m.	Soleado	22.60	24.60	23.00	23.40

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	29/01/2023	6:44 p. m.	Soleado	5.50	7.70	6.20	6.47
Fotografías							
							
2	29/01/2023	6:55 p. m.	Soleado	10.20	8.00	8.70	8.97
							
3	29/01/2023	6:58 p. m.	Soleado	15.50	17.10	15.10	15.90
							
4	29/01/2023	7:01 p. m.	Soleado	22.60	24.60	21.40	22.87
							
5	29/01/2023	7:04 p. m.	Soleado	25.20	23.60	24.70	24.50
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	30/01/2023	5:29 p. m.	Soleado	7.30	7.80	6.70	7.27
Fotografías							
							
2	30/01/2023	5:33 p. m.	Soleado	9.10	8.40	11.20	9.57
							
3	30/01/2023	5:36 p. m.	Soleado	14.40	14.90	16.70	15.33
							
4	30/01/2023	5:40 p. m.	Soleado	19.20	20.40	24.40	21.33
							
5	30/01/2023	5:44 p. m.	Soleado	22.60	25.30	22.40	23.43
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	31/01/2023	6:26 p. m.	Soleado	8.10	7.40	8.00	7.83
Fotografías							
							
2	31/01/2023	6:34 p. m.	Soleado	8.30	9.30	8.10	8.57
							
3	31/01/2023	6:39 p. m.	Soleado	15.30	14.70	15.40	15.13
							
4	31/01/2023	6:42 p. m.	Soleado	18.10	23.90	22.20	21.40
							
5	31/01/2023	6:47 p. m.	Soleado	26.30	22.70	23.20	24.07
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	1/02/2023	6:37 p. m.	Soleado	9.70	8.70	8.40	8.93
Fotografías							
							
2	1/02/2023	6:39 p. m.	Soleado	13.50	10.80	10.90	11.73
							
3	1/02/2023	6:41 p. m.	Soleado	15.10	16.30	17.30	16.23
							
4	1/02/2023	6:45 p. m.	Soleado	21.50	21.90	22.30	21.90
							
5	1/02/2023	6:50 p. m.	Soleado	22.10	27.00	22.10	23.73
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	2/02/2023	5:35 p. m.	Soleado	7.90	7.30	6.40	7.20
Fotografías							
							
2	2/02/2023	5:43 p. m.	Soleado	8.30	8.30	7.60	8.07
							
3	2/02/2023	5:49 p. m.	Soleado	14.30	16.10	14.40	14.93
							
4	2/02/2023	5:50 p. m.	Soleado	20.40	23.40	17.10	20.30
							
5	2/02/2023	5:55 p. m.	Soleado	24.00	24.70	21.10	23.27
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	3/02/2023	5:35 p. m.	Soleado	7.30	7.40	8.10	7.60
Fotografías							
							
2	3/02/2023	6:23 p. m.	Soleado	12.80	12.90	9.00	11.57
							
3	3/02/2023	6:26 p. m.	Soleado	14.70	15.70	16.90	15.77
							
4	3/02/2023	6:35 p. m.	Soleado	21.30	19.20	20.40	20.30
							
5	3/02/2023	6:41 p. m.	Soleado	25.10	24.80	22.60	24.17
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	4/02/2023	5:47 p. m.	Soleado	7.40	7.50	10.80	8.57

Fotografías



2	4/02/2023	5:51 p. m.	Soleado	11.90	11.70	8.70	10.77
---	-----------	------------	---------	-------	-------	------	-------



3	4/02/2023	4:56 p. m.	Soleado	12.10	14.30	15.90	14.10
---	-----------	------------	---------	-------	-------	-------	-------









4	4/02/2023	5:00 p. m.	Soleado	22.20	21.50	21.80	21.83
---	-----------	------------	---------	-------	-------	-------	-------













5	4/02/2023	5:05 p. m.	Soleado	21.00	21.70	21.00	21.23
---	-----------	------------	---------	-------	-------	-------	-------



Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	5/02/2023	6:14 p. m.	Soleado	7.80	8.50	8.00	8.10
Fotografías							
							
2	5/02/2023	6:20 p. m.	Soleado	9.40	13.10	9.90	10.80
							
3	5/02/2023	6:24 p. m.	Soleado	12.70	13.30	13.10	13.03
							
4	5/02/2023	6:40 p. m.	Soleado	19.90	20.50	23.50	21.30
							
5	5/02/2023	6:43 p. m.	Soleado	22.00	23.70	22.50	22.73
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	6/02/2023	6:42 p. m.	Soleado	8.60	9.10	8.70	8.80
Fotografías							
							
2	6/02/2023	6:44 p. m.	Soleado	9.10	8.40	10.50	9.33
							
3	6/02/2023	7:04 p. m.	Soleado	14.90	11.40	13.30	13.20
							
4	6/02/2023	7:08 p. m.	Soleado	20.70	20.70	21.80	21.07
							
5	6/02/2023	7:12 p. m.	Soleado	24.40	24.50	24.10	24.33
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	7/02/2023	5:08 p. m.	Soleado	8.60	7.60	7.30	7.83
Fotografías							
							
2	7/02/2023	5:14 p. m.	Soleado	8.10	8.60	9.10	8.60
							
3	7/02/2023	5:33 p. m.	Soleado	15.30	15.00	11.80	14.03
							
4	7/02/2023	5:39 p. m.	Soleado	18.60	19.00	20.40	19.33
							
5	7/02/2023	7:12 p. m.	Soleado	24.80	22.40	22.60	23.27
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	8/02/2023	6:48 p. m.	Soleado	7.40	7.30	3.50	6.07
Fotografías							
							
2	8/02/2023	6:42 p. m.	Soleado	9.90	10.10	8.30	9.43
							
3	8/02/2023	6:39 p. m.	Soleado	15.50	12.70	17.10	15.10
							
4	8/02/2023	6:14 p. m.	Soleado	19.50	16.30	15.00	16.93
							
5	8/02/2023	6:12 p. m.	Soleado	25.20	24.40	19.60	23.07
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	9/02/2023	7:03 p. m.	Soleado	8.40	7.70	5.70	7.27
Fotografías							
							
2	9/02/2023	6:42 p. m.	Soleado	8.50	9.80	9.70	9.33
							
3	9/02/2023	6:40 p. m.	Soleado	15.30	14.40	12.40	14.03
							
4	9/02/2023	6:35 p. m.	Soleado	18.40	22.60	20.80	20.60
							
5	9/02/2023	6:12 p. m.	Soleado	22.10	26.30	22.50	23.63
							






Registro de Humedad con frecuencia de riego diario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	10/02/2023	6:33 p. m.	Soleado	6.80	8.10	7.60	7.50
Fotografías							
							
2	10/02/2023	6:42 p. m.	Soleado	6.20	9.00	11.20	8.80
							
3	10/02/2023	6:45 p. m.	Soleado	16.20	15.30	14.10	15.20
							
4	10/02/2023	6:47 p. m.	Soleado	23.30	20.30	21.30	21.63
							
5	10/02/2023	6:49 p. m.	Soleado	23.50	23.50	23.50	23.50
							

Anexo 4: Registro de humedad con frecuencia interdiaria






Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	12/02/2023	06:05 p. m.	Soleado	6.20	5.40	5.80	5.80
Fotografías							
							
2	12/02/2023	06:09 p. m.	Soleado	7.00	9.30	8.70	8.33
							
3	12/02/2023	06:12 p. m.	Soleado	14.60	14.30	15.30	14.73
							
4	12/02/2023	06:16 p. m.	Soleado	19.40	17.10	21.70	19.40
							
5	12/02/2023	06:19 p. m.	Soleado	22.70	21.60	19.40	21.23
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	14/02/2023	05:30 a. m.	Soleado	5.30	4.60	3.70	4.53
Fotografías							
							
2	14/02/2023	05:34 a. m.	Soleado	9.10	7.90	8.80	8.60
							
3	14/02/2023	05:37 a. m.	Soleado	13.50	16.30	14.70	14.83
							
4	14/02/2023	05:41 a. m.	Soleado	18.90	20.70	16.60	18.73
							
5	14/02/2023	05:44 a. m.	Soleado	21.20	22.80	20.00	21.33
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	16/02/2023	05:13 a. m.	Soleado	7.60	7.80	7.40	7.60
Fotografías							
							
2	16/02/2023	05:17 a. m.	Soleado	9.70	9.60	9.80	9.70
							
3	16/02/2023	05:20 a. m.	Soleado	15.50	17.00	12.70	15.07
							
4	16/02/2023	05:24 a. m.	Soleado	19.90	17.10	17.90	18.30
							
5	16/02/2023	05:27 a. m.	Soleado	20.70	19.60	21.30	20.53
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	18/02/2023	05:05 a. m.	Soleado	7.90	7.80	4.10	6.60
Fotografías							
							
2	18/02/2023	05:09 a. m.	Soleado	7.50	8.50	9.80	8.60
							
3	18/02/2023	05:10 a. m.	Soleado	15.50	12.70	11.80	13.33
							
4	18/02/2023	05:15 a. m.	Soleado	18.80	18.40	15.10	17.43
							
5	18/02/2023	05:23 a. m.	Soleado	20.90	19.70	18.50	19.70
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	20/02/2023	06:05 a. m.	Soleado	7.40	6.10	7.60	7.03
Fotografías							
							
2	20/02/2023	06:10 a. m.	Soleado	9.60	8.30	8.10	8.67
							
3	20/02/2023	06:17 a. m.	Soleado	14.70	20.00	14.50	16.40
							
4	20/02/2023	06:26 a. m.	Soleado	18.90	22.70	18.40	20.00
							
5	20/02/2023	06:36 a. m.	Soleado	20.60	24.80	16.20	20.53
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	22/02/2023	05:20 a. m.	Soleado	5.20	6.30	7.30	6.27
Fotografías							
							
2	22/02/2023	05:25 a. m.	Soleado	8.50	9.20	10.50	9.40
							
3	22/02/2023	05:32 a. m.	Soleado	14.90	13.50	12.80	13.73
							
4	22/02/2023	05:41 a. m.	Soleado	20.60	19.30	19.10	19.67
							
5	22/02/2023	05:51 a. m.	Soleado	21.20	20.50	20.80	20.83
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego interdiario							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	24/02/2023	05:30 a. m.	Soleado	7.70	6.00	7.70	7.13

Fotografías



2	24/02/2023	05:35 a. m.	Soleado	7.50	7.30	7.50	7.43
---	------------	-------------	---------	------	------	------	------



3	24/02/2023	05:42 a. m.	Soleado	15.60	13.70	12.20	13.83
---	------------	-------------	---------	-------	-------	-------	-------















4	24/02/2023	05:51 a. m.	Soleado	15.90	18.30	18.00	17.40
---	------------	-------------	---------	-------	-------	-------	-------









5	24/02/2023	06:01 a. m.	Soleado	20.50	21.10	18.20	19.93
---	------------	-------------	---------	-------	-------	-------	-------








Anexo 5: Registro de humedad con frecuencia de tres días

Registro de Humedad con frecuencia de riego de tres días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	26/02/2023	05:30 a. m.	Soleado	6.10	6.60	6.90	6.53
Fotografías							
							
2	26/02/2023	05:34 a. m.	Soleado	13.40	9.40		11.40
							
3	26/02/2023	05:37 a. m.	Soleado	15.00	14.20		14.60
							
4	26/02/2023	05:41 a. m.	Soleado	17.20	19.50		18.35
							
5	26/02/2023	05:44 a. m.	Soleado	19.40	22.50	21.30	21.07
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego de tres días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	29/02/2023	05:38 p. m.	Soleado	3.90	5.30	4.00	4.40
Fotografías							
							
2	29/02/2023	05:42 p. m.	Soleado	8.30	8.40	5.90	7.53
							
3	29/02/2023	05:45 p. m.	Soleado	14.20	12.40	10.10	12.23
							
4	29/02/2023	05:49 p. m.	Soleado	20.20	18.50	19.10	19.27
							
5	29/02/2023	05:52 p. m.	Soleado	23.30	19.10	22.30	21.57
							










Registro de Humedad con frecuencia de riego de tres días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	3/03/2023	05:40 a. m.	Soleado	6.20	5.40	3.50	5.03
Fotografías							
							
2	3/03/2023	05:44 a. m.	Soleado	8.80	7.90	7.90	8.20
							
3	3/03/2023	05:47 a. m.	Soleado	10.20	9.20	11.10	10.17
							
4	3/03/2023	05:51 a. m.	Soleado	18.60	19.90	18.70	19.07
							
5	3/03/2023	05:54 a. m.	Soleado	20.00	18.10	19.50	19.20
							








Registro de Humedad con frecuencia de riego de tres días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	6/03/2023	05:05 a. m.	Soleado	4.20	2.20	5.40	3.93
Fotografías							
							
2	6/03/2023	05:09 a. m.	Soleado	7.50	12.10	12.50	10.70
							
3	6/03/2023	05:10 a. m.	Soleado	12.70	9.80	19.30	13.93
							
4	6/03/2023	05:15 a. m.	Soleado	16.60	20.80	18.00	18.47
							
5	6/03/2023	05:23 a. m.	Soleado	22.10	20.10	20.10	20.77
							



Registro de Humedad con frecuencia de riego de tres días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	9/03/2023	06:05 a. m.	Soleado	4.20	5.30	1.50	3.67
Fotografías							
							
2	9/03/2023	06:10 a. m.	Soleado	6.30	5.40	4.70	5.47
							
3	9/03/2023	06:17 a. m.	Soleado	10.80	9.00	8.80	9.53
							
4	9/03/2023	06:26 a. m.	Soleado	16.60	15.90	14.30	15.60
							
5	9/03/2023	06:36 a. m.	Soleado	21.60	21.40	19.50	20.83
							










Anexo 6: Registro de humedad con frecuencia de cuatro días

Registro de Humedad con frecuencia de riego de cuatro días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	13/03/2023	05:30 a. m.	Soleado				
Fotografías							
2	13/03/2023	05:34 a. m.	Soleado	13.90	13.40	11.50	12.93
							
3	13/03/2023	05:37 a. m.	Soleado	15.40	14.90	17.10	15.80
							
4	13/03/2023	05:41 a. m.	Soleado	19.20	19.60	16.60	18.47
							
5	13/03/2023	05:44 a. m.	Soleado	20.10	22.90	22.70	21.90
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego de cuatro días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	17/03/2023	05:05 p. m.	Soleado				
Fotografías							
2	17/03/2023	05:09 p. m.	Soleado	11.00	10.10	12.10	11.07
							
3	17/03/2023	05:12 p. m.	Soleado	11.60	14.00	10.50	12.03
							
4	17/03/2023	05:16 p. m.	Soleado	13.90	11.80	14.00	13.23
							
5	17/03/2023	05:19 p. m.	Soleado	19.50	20.10	21.40	20.33
Fotografías							

Registro de Humedad con frecuencia de riego de cuatro días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	21/03/2023	05:06 a. m.	Soleado				
Fotografías							
2	21/03/2023	05:10 a. m.	Soleado	10.30	12.00	15.30	12.53
							
3	21/03/2023	05:13 a. m.	Soleado	15.00	15.20	15.20	15.13
							
4	21/03/2023	05:17 a. m.	Soleado	18.90	18.50	17.10	18.17
							
5	21/03/2023	05:20 a. m.	Soleado	21.20	21.60	18.80	20.53
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego de cuatro días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	25/03/2023	06:05 a. m.	Soleado				
Fotografías							
2	25/03/2023	06:09 a. m.	Soleado	10.30	10.30	11.40	10.67
							
3	25/03/2023	06:10 a. m.	Soleado	14.60	12.90	15.10	14.20
							
4	25/03/2023	06:15 a. m.	Soleado	19.60	18.70	18.70	19.00
							
5	25/03/2023	06:23 a. m.	Soleado	21.80	22.30	16.90	20.33
							

Registro de Humedad con frecuencia de riego de cuatro días							
Parcela	Fecha	Hora	Condiciones climáticas	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	Promedio de humedad (%)
1	29/03/2023	05:10 a. m.	Soleado				
Fotografías							
2	29/03/2023	05:15 a. m.	Soleado	8.20	7.70	8.60	8.17
							
3	29/03/2023	05:22 a. m.	Soleado	17.50	15.20	16.50	16.40
							
4	29/03/2023	05:31 a. m.	Soleado	17.80	20.80	18.20	18.93
							
5	29/03/2023	05:41 a. m.	Soleado	21.10	19.80	20.70	20.53
				