



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGROPECUARIA**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LAS ÁREAS
VERDES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA, CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE
SANTA ELENA”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

LEIBY JANINA SUÁREZ TOMALÁ

ANTONIO ROBERTO ORTEGA ANDRADE

LA LIBERTAD – ECUADOR

2010

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGROPECUARIA

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LAS ÁREAS
VERDES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA, CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE
SANTA ELENA”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

LEIBY JANINA SUÁREZ TOMALÁ

ANTONIO ROBERTO ORTEGA ANDRADE

LA LIBERTAD – ECUADOR

2010

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Antonio Mora Alcívar, MSc.
Presidente del Tribunal

Ing. Andrés Drouet Candell
Director de Escuela

Ing. Jaime Mora Zárate
Profesor Tutor

Ing. Jorge Ladines Villamar
Profesor de Área

Abg. Milton Zambrano Coronado, MSc.
Secretario General – Procurador

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, y de manera especial a mi Madre Amada de Jesús Andrade, a mi Esposa y compañera Leiby Suárez y a mis hijos Daniel, Darlene, David, Daneisha, Dan y Dal, quienes con mucho amor y paciencia me dieron la fortaleza para alcanzar un peldaño en mi formación profesional.

Antonio Roberto Ortega Andrade

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por ser mi luz y camino.

A mi madre Francisca Tomalá por su amor, fortaleza y paciencia, atributos que ayudaron a guiarme por el camino de la superación.

A mi padre Ángel Suárez por su ejemplo de perseverancia para conseguir las metas propuestas, ayudándome a cristalizar todos mis anhelos.

A mis hermanos que con su apoyo, confianza y especialmente amor, han sido una fortaleza para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mis segundos padres Amada Andrade y Oswaldo Ortega, por su apoyo incondicional e invaluable.

A mi amado esposo Antonio Ortega y mis hijos Daniel, Darlene, David, Daneisha, Dan y Dal, quienes son mi mayor motivación y mi fortaleza.

Leiby Janina Suárez Tomalá

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, a mi esposa por su amor y comprensión, a mi padre que aunque estando lejos, está presente en todos mis pasos, a mi querida madre y de manera muy especial a todos aquellos amigos que me impulsaron para alcanzar las metas y que con sus palabras sábias lograron darme la fortaleza necesaria para ser un ente útil a la Sociedad

A mis Docentes que facilitaron sus conocimientos en beneficio de mi desarrollo profesional.

Antonio Roberto Ortega Andrade

AGRADECIMIENTO

A Dios por otorgarme sabiduría y entendimiento, a mi tierno esposo Antonio Ortega, quien con su carisma y positivismo me ayudó en los momentos de tribulación y aflicción; a la Iglesia de Jesucristo de la Santos de los Últimos Días y a mis familiares que me impulsaron a comenzar esta meta; a nuestro Tutor Ing. Jaime Mora Zárate por los conocimientos impartidos y por su apoyo desinteresado; a mis maestros tanto seculares como espirituales, quienes impartieron su conocimiento, desarrollando mi intelecto; a mis amigos y compañeros por su colaboración durante el desarrollo de nuestro estudio; y, de manera muy especial al Ing. Antonio Mora Alcívar quién con su eficiencia ha sabido dirigir la Facultad, logrando que nuestro sueño se hiciera realidad.

Leiby Janina Suárez Tomalá

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
2 REVISIÓN LITERARIA	3
2.1 Necesidad hídrica de las plantas	3
2.1.1 Evaporación	3
2.1.2 Transpiración	3
2.1.3 Evapotranspiración vegetal	3
2.1.3.1 Factores que influyen en la evapotranspiración	4
2.2 Almacenamiento de agua en el suelo	5
2.2.1 Nivel de agotamiento permisible	6
2.3 Calidad del agua	7
2.3.1 Conductividad eléctrica del agua	8
2.3.2 Norma Riverside	10
2.4 Características físicas del suelo	12
2.4.1 Textura	12
2.4.2 Estructura	13
2.4.3 Porosidad	13
2.4.4 Infiltración	14
2.4.5 Efectos de la salinidad y sodicidad sobre el suelo y plantas	14
2.4.5.1 Salinidad	14
2.4.5.2 Sodicidad	15
2.4.6 Conductividad eléctrica del suelo	15
2.4.7 Control de la salinidad	15
2.4.8 Acidez o alcalinidad de los suelos	16
2.5 Riego forzado	16
2.5.1 Riego por aspersión	17
2.5.1.1 Componentes del sistema de riego por aspersión	18

2.6	Criterios para seleccionar un método de riego	18
2.6.1	Riego con difusores	18
2.6.1.1	Tipos de difusores	19
2.7	Diseño del sistema de riego	20
2.7.1	Presión y caudal disponibles	21
2.7.2	Diseño Agronómico	21
2.7.2.1	Cálculo de las necesidades de agua de los cultivo	22
2.7.2.2	Determinación de los parámetros de riego	24
2.7.3	Diseño hidráulico	27
2.7.3.1	Número de Reynolds	27
2.7.3.2	Pérdida de carga	28
2.7.4	Diseño gráfico	30
2.7.4.1	Los traslapes	30
2.7.4.2	Marco de aspersores	30
2.7.4.3	Asignación de los circuitos	31
2.8	Plantas ornamentales	32
2.8.1	Almendro de la india	32
2.8.2	Aloe vera	32
2.8.3	Bougainvilla	33
2.8.4	Ciprés	33
2.8.5	Cordylinea	33
2.8.6	Crotón	34
2.8.7	Dicondra	34
2.8.8	Enana	34
2.8.9	Ficus	35
2.8.10	Ginger	35
2.8.11	Guayabo	35
2.8.12	Helecho	35
2.8.13	Heliconia	36
2.8.14	Ixora	36
2.8.15	Judíos errantes	37
2.8.16	Lantana	37
2.8.17	Palmeras	38
2.8.18	Palmera de abanico	38
2.8.19	Palmera algodón	38
2.8.20	Palmera de cola de zorro	39
2.8.21	Palmera datilera de senegal	39

2.8.22	Palma de navidad	39
2.8.23	Peregrina	39
2.8.24	Pinos australianos	40
2.8.25	Plantas rastreras	40
2.8.26	Podocarpus	41
2.8.27	Rosa	41
2.8.28	Yucca	41
3	MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1	Localización del estudio para el diseño del sistema de riego	42
3.2	Materiales y equipo	42
3.2.2	Equipo de campo	42
3.2.3	Equipo de oficina	43
3.2.4	Material biológico	43
3.3	Metodología y parámetros a considerar	45
3.3.1	Parámetro de la estación meteorológica	45
3.3.2	Parámetro del análisis de agua	46
3.3.2.1	Interpretación del análisis del agua	47
3.3.3	Parámetro del análisis de suelo	47
3.3.3.1	Interpretación del análisis de suelo	47
3.4	Diseño del sistema de riego	48
3.4.1	Diseño Agronómico	48
3.4.1.1	Especificación técnica del difusor	48
3.4.1.2	Área a regar	48
3.4.1.3	Cálculo ETo Metodo FAO Penman-Montieth	49
3.4.1.4	Coefficiente de cultivo (Kc)	49
3.4.1.5	Presión del agua	49
3.4.1.6	Caudal	50
3.4.1.7	Necesidad diaria de consumo de agua de las especies ornamentales en la Universidad Estatal Península de Santa Elena	51
3.4.1.8	Cálculo de ETc de las especies ornamentales en el mes de máximo ETo (diciembre)	55
3.4.1.9	Cálculo de la necesidad neta (Nn)	55
3.4.1.10	Cálculo de la dosis neta (Dn)	56
3.4.1.11	Cálculo de la dosis de lavado (LR)	56
3.4.1.12	Cálculo de la necesidad bruta (Nb)	57

3.4.1.13	Cálculo de la dosis bruta (Db)	58
3.4.1.14	Intervalo de riego (IR)	58
3.4.1.15	Dosis bruta ajustada (Db _a)	58
3.4.1.16	Días de la semana dedicadas al riego	59
3.4.1.17	Selección del difusor	59
3.4.1.18	Cálculo del tiempo de riego (TR)	60
3.4.1.19	Cálculo del volumen de agua aplicada por sector	60
3.4.2	Diseño hidráulico	61
3.4.2.1	Cálculo del Número de Reynolds	61
3.4.2.2	Cálculo de la pérdida de carga	63
3.4.3	Diseño gráfico	90
3.4.3.1	Ubicación de los difusores	91
3.4.3.2	Procedimientos a tomar en cuenta en la ubicación de difusores	91
3.4.3.3	Diseño gráfico de los módulos por sectores	91
3.4.4	Costo de implementación del sistema de riego	96
3.4.5	Vida útil	96
3.4.6	Depreciación	96
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1 Agua disponible en suelos con diferente textura	6
Cuadro 2 Valores promedios	7
Cuadro 3 Clasificación del agua según la Norma Riverside	11
Cuadro 4 Velocidad de infiltración en suelos de diferente textura	14
Cuadro 5 Influencia de la salinidad del suelo sobre los cultivos	15
Cuadro 6 El suelo según el pH	16
Cuadro 7 Coeficiente según el tipo de planta	24
Cuadro 8 Coeficiente de Rugosidad de Hazen-Williams	30
Cuadro 9 Plantas y arbustos de zonas áridas	43
Cuadro 10 Cítricos y frutales	44
Cuadro 11 Arbustos ornamentales	44
Cuadro 12 Tapizantes, bancales de flores	44
Cuadro 13 Árboles singulares	45
Cuadro 14 Césped	45
Cuadro 15 Promedios del tanque evaporimétrico tipo "A" de la estación meteorológica "Upse"	46
Cuadro 16 Área de los sectores a regar	48
Cuadro 17 Presión y caudal de los sectores de la "Upse"	50
Cuadro 18 Kc de Biología Marina	51
Cuadro 19 Kc de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias	51
Cuadro 20 Kc de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias	51
Cuadro 21 Kc de unidad de prácticas de Hotelería y Turismo	52
Cuadro 22 Kc de edificio de Post-grado	52
Cuadro 23 Kc de Museo "Megaterio"	52
Cuadro 24 Kc de Biblioteca	52
Cuadro 25 Kc de aulas "I"	53
Cuadro 26 Kc de aulas "U"	53
Cuadro 27 Kc de Administrativo # 1	53
Cuadro 28 Kc de parqueadero entrada principal	53
Cuadro 29 Kc de entrada principal	54
Cuadro 30 Kc de estacionamiento Administrativo # 3	54
Cuadro 31 Kc de edificio de aulas # 1 de 2 plantas	54

Cuadro 32	Kc de Plaza Cívica	54
Cuadro 33	Evapotranspiración de cultivo Etc. Mes de máxima demanda (diciembre)	55
Cuadro 34	Cálculo del volumen de agua por sectores	61
Cuadro 35	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 1 y 5, módulo 1	65
Cuadro 36	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 1 y 5, módulo 2	66
Cuadro 37	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 2, módulo único	66
Cuadro 38	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 3, módulo 1	66
Cuadro 39	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 3, módulo 2	67
Cuadro 40	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 4, módulo 1	67
Cuadro 41	Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 4, módulo 2	67
Cuadro 42	Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo único	68
Cuadro 43	Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 2, módulo 1	68
Cuadro 44	Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 2, módulo 2	68
Cuadro 45	Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 2, módulo 3	69
Cuadro 46	Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 1	69
Cuadro 47	Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 2	69
Cuadro 48	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo 1	70
Cuadro 49	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo 2	70
Cuadro 50	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo 3	70
Cuadro 51	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 2, módulo 1	71
Cuadro 52	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 2, módulo 2	71

Cuadro 53	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 1	71
Cuadro 54	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 2	72
Cuadro 55	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 3	72
Cuadro 56	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, módulo combina jardineras 4 y 6 con 7 y 9	72
Cuadro 57	Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, módulo combina jardineras 5 y 7 con 8 y 10	73
Cuadro 58	Pérdida de carga de Centro de Prácticas de Hotelería y Turismo, jardinera 1, módulo único	73
Cuadro 59	Pérdida de carga de Centro de Prácticas de Hotelería y Turismo, jardinera 2,3,4,5 y 6, módulo único	73
Cuadro 60	Pérdida de carga de Centro de Prácticas de Hotelería y Turismo, jardinera 7, módulo único	74
Cuadro 61	Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 1, módulo 1	74
Cuadro 62	Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 1, módulo 2	74
Cuadro 63	Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 2, módulo 1	75
Cuadro 64	Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 2, módulo 2	75
Cuadro 65	Pérdida de carga de Museo “Megaterio”, jardinera 1, módulo único	75
Cuadro 66	Pérdida de carga de Museo “Megaterio”, jardinera 2, módulo único	76
Cuadro 67	Pérdida de carga de Biblioteca, jardinera 1, módulo único	76
Cuadro 68	Pérdida de carga de Biblioteca, jardinera 2, módulo único	76
Cuadro 69	Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 1 y 2	77
Cuadro 70	Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 3 y 4	77
Cuadro 71	Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 5 y 6	78
Cuadro 72	Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 7 y 8	78

Cuadro 73	Pérdida de carga de aulas “U”, jardinera 1, módulo 1	79
Cuadro 74	Pérdida de carga de aulas “U”, jardinera 1, módulo 2	79
Cuadro 75	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, módulo combina las jardineras 1, 2 y 3	79
Cuadro 76	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, jardinera 4, módulo 1	80
Cuadro 77	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, jardinera 4, módulo 2	80
Cuadro 78	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, módulo 1 combina las jardineras 5 y 6	80
Cuadro 79	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, jardinera 5, módulo 2	81
Cuadro 80	Pérdida de carga de entrada parqueadero principal, jardinera 1 y 2, módulo único	81
Cuadro 81	Pérdida de carga de entrada principal, jardinera 1 y 2, módulo único	81
Cuadro 82	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 3, jardinera 1 y 2, módulo 1 combina jardinera 1 y parte de jardinera 2	82
Cuadro 83	Pérdida de carga de edificio Administrativo # 3, jardinera 2 módulo 2 riega parte de jardinera 2	82
Cuadro 84	Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 1, módulo 1	83
Cuadro 85	Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 1, módulo 2	83
Cuadro 86	Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 2, módulo 1	84
Cuadro 87	Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 2, módulo 2	83
Cuadro 88	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 1, módulo 1	84
Cuadro 89	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 1, módulo 2	85
Cuadro 90	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 1, módulo 3	85
Cuadro 91	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 2, módulo 1	85
Cuadro 92	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 2, módulo 2	86
Cuadro 93	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 2, módulo 3	86

Cuadro 94	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 3, módulo 1	86
Cuadro 95	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 3, módulo 2	87
Cuadro 96	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 3, módulo 3	87
Cuadro 97	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 4, módulo 1	87
Cuadro 98	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 4, módulo 2	88
Cuadro 99	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 4, módulo 3	88
Cuadro 100	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 5, módulo 1	88
Cuadro 101	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 5, módulo 2	89
Cuadro 102	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 5, módulo 3	89
Cuadro 103	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 1	89
Cuadro 104	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 2	90
Cuadro 105	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 3	90
Cuadro 106	Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 4	90
Cuadro 107	Costo del sistema de riego	96
Cuadro 108	Depreciación a 10 años	97

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Nivel de Agotamiento Permisible (NAP)	7
Figura 2 Diagrama para interpretar el valor de agua	9
Figura 3 Norma de Riverside para evaluar calidad de agua	10
Figura 4 Triángulo texturial según clasificación del USDA	12
Figura 5 Marco de aspersores	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La Universidad Estatal Península de Santa Elena, se crea como una institución de educación superior para el desarrollo holístico del ser humano, y para el cumplimiento de tales propósitos se hace necesario, la edificación de un campus que le brinde a sus actores, el espacio físico idóneo para la realización de sus actividades, siendo imprescindible en los diseños arquitectónicos actuales, el espacio ornamental destinado a las áreas verdes.

La Universidad Estatal Península de Santa Elena, cuenta con grandes extensiones destinadas a zonas verdes, actualmente se calcula que el espacio aproximado es de un tercio del área del campus edificado; esta tendencia de desarrollo no sólo pretende dar cumplimiento estricto a la norma urbanística, sino constituir a estos lugares como verdaderos espacios de recreación, belleza, ornato y fuente de inspiración. De ahí radica la importancia en el mantenimiento de dichos espacios verdes; existiendo diversas actividades culturales entre las que podemos mencionar: la fertilización, control de insectos-plagas, fumigación, podas, aporques y fundamentalmente la incorporación de agua al suelo para el aprovechamiento de las mismas.

Por encontrarse la Península de Santa Elena en una zona de clima desértico, según la clasificación de Wladimir Köppen modificada, el agua se convierte en un bien escaso, lo cual constituye una problemática a resolver en el riego de las áreas verdes antes mencionadas.

La incorporación de agua a los jardines de la UPSE, actualmente la realizan jardineros de forma manual y rudimentaria.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La Universidad Estatal Península de Santa Elena, no cuenta con un sistema de riego tecnificado para las áreas verdes, lo que provoca un riego muy impreciso, requiere mucha mano de obra, consumo excesivo de agua y consecuente aumento en el costo de mantenimiento para el riego.

El diseño de un sistema de riego para las áreas verdes, se propone como un aporte de la Facultad de Ciencias Agrarias al desarrollo técnico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, expresado en la optimización de recurso humano y de recurso agua, sobre todo por ser éste último el mayor limitante para el desarrollo de áreas verdes en el sector urbano.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de riego para las áreas verdes en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema de riego por aspersión en la modalidad de difusores de acuerdo a las áreas verdes establecidas en la universidad.
- Implementar cálculos de áreas, presiones, caudales, aplicando técnicas de diseño.

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1 NECESIDAD HÍDRICA DE LAS PLANTAS

KRAMER PJ. y DUKE JB. (1989) manifiesta que el agua es esencial como disolvente y reactivo en varias reacciones químicas, también en el mantenimiento de la turgencia. Su importancia es el resultado de sus múltiples propiedades exclusivas, muchas de las cuales proceden del hecho de que las moléculas de agua están organizadas en una estructura definida que se mantiene ensamblada mediante enlaces de hidrógeno.

2.1.1 EVAPORACIÓN

MILIARIUM.COM (s.f., en línea) define a la evaporación como el resultado del proceso físico, por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando, directamente, a la atmósfera en forma de vapor.

2.1.2 TRANSPIRACIÓN

TORRES RUÍZ E. (1995) indica que cuando los estomas están abiertos se lleva a cabo la difusión del vapor de agua hacia la atmósfera. Esta difusión siempre se efectuará, excepto cuando la atmósfera tenga una presión de vapor igual o mayor que la de los espacios intercelulares. Del agua consumida por los vegetales, 98 a 99 % se va por transpiración, y del 1 al 2 % se utiliza en construcción de tejidos.

2.1.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN VEGETAL

Según la ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO (1990) el concepto de

evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_{c aj}). ET_o es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. ET_c se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. ET_c requiere generalmente una corrección, cuando no existe un manejo óptimo y se presentan limitantes ambientales que afectan el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración, es decir, bajo condiciones no estándar de cultivo.

FUENTES YAGÜE JL. (1998) explica que la cantidad de agua que necesita la planta se utiliza de la forma siguiente:

- Agua incorporada a la planta (agua de constitución)
- Agua evaporada por la superficie del suelo en donde se asienta la planta.
- Agua transpirada por la planta.

Hay que diferenciar dos formas de evapotranspiración

- **Evapotranspiración máxima o potencial.** Cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.
- **Evapotranspiración real.** Cantidad de agua consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado.

2.1.3.1 Factores que influyen en la evapotranspiración

Según GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M. (s.f., en línea), intervienen los factores climatológicos (ETP), así como también los factores del suelo y de la vegetación (ETR), detallados en los puntos 2.1.3.1.1, 2.1.3.1.2 y 2.1.3.1.3 respectivamente.

2.1.3.1.1 Factores meteorológicos:

- Temperatura del aire
- Déficit de humedad
- Velocidad del viento

2.1.3.1.2 Factores del suelo:

- Porosidad
- Textura, estructura, forma y distribución de los poros
- Profundidad del suelo
- Contenido de materia orgánica y comportamiento del suelo (agrietamiento)
- Contenido de sales (potencial osmótico)

2.1.3.1.3 Factores relacionados con la vegetación:

- **De la superficie vegetal:** Desde los estomas y la cutícula (mayor o menor adaptación a vivir en ambientes secos)
- **Relación raíz a tallo** (superficie absorbente de las raíces en relación a superficie evaporante de las hojas)
- **Profundidad y densidad de raíces**, que posibilita el acceso a mayor humedad del suelo (más espacio efectivo)

2.2 ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL SUELO

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS AGROPECUARIAS DE ARGENTINA INTA (2002) expresa que es necesario conocer o estimar algunas condiciones de almacenamiento y disponibilidad de agua relacionados con las propiedades del suelo.

Agua Útil o Humedad disponible (HD) es la lámina (mm) de agua aprovechable por los cultivos, que el suelo puede contener hasta la profundidad efectiva de raíces (Cuadro 1).

El límite mínimo está dado por el valor debajo del cual las plantas no pueden extraerla, es el llamado **Punto de Marchites Permanente (PMP)**.

El límite Máximo o **Capacidad de Campo (CC)**, es el máximo que puede almacenar el suelo. Por encima de ese valor el agua drena en profundidad por efecto de la gravedad.

Cuadro 1. Agua disponible en suelos con diferente textura

Textura del suelo	Intervalo de Humedad Disponible (IHD) en cm por m de profundidad
Arenoso	7 – 10
Franco – arenoso	9 – 15
Franco	14 – 19
Franco – arcilloso	17 – 22
Arcilloso	20 – 25

Fuente: FUENTES YAGÜE JL. (1998)

2.2.1 NIVEL DE AGOTAMIENTO PERMISIBLE (NAP)

ELRIEGO.COM (s.f., en línea), manifiesta que aunque las plantas pueden extraer agua del suelo hasta un nivel de humedad que corresponde con el límite inferior (punto de marchitamiento), existe un nivel de humedad entre el límite superior y el inferior a partir del cual las raíces encuentran dificultades para extraer el agua (aumenta el esfuerzo metabólico por la succión), produciéndose una disminución de la transpiración que implican pérdidas de producción. A este nivel se le denomina Nivel de Agotamiento Permisible (NAP) y normalmente se representa como una fracción del Intervalo de Humedad Disponible. (Figura 1).

Los valores más utilizados en programación de riego se encuentra entre 0,6 y 0,8. En cultivos de alto valor económico el $NAP < 0,5$.

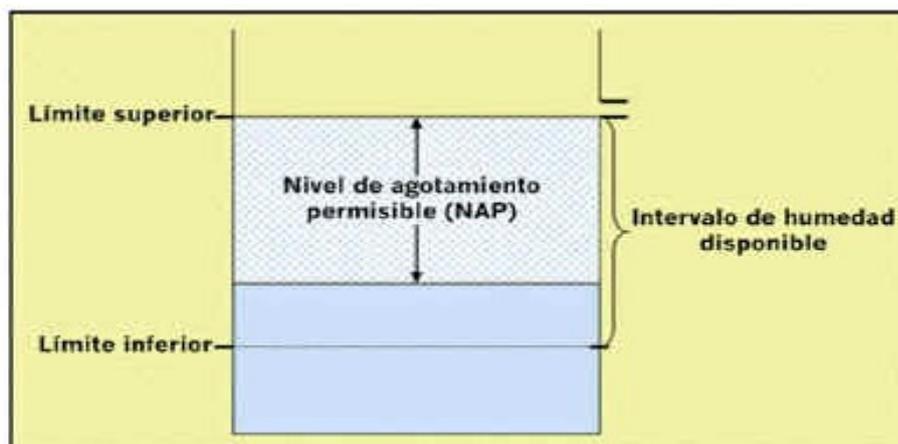


Figura 1. Nivel de Agotamiento Permisible (NAP)

Fuente: ELRIEGO.COM (s.f., en línea)

Cuando programamos el riego, normalmente empleamos valores entre 0,6 y 0,8 (un valor de 0,65 se considera muy adecuado).

MALDONADO I. (2001, en línea) nos proporciona los valores promedios de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), densidad aparente (D_a) y humedad aprovechable (H_a) a 70 cm de profundidad, de acuerdo a la textura del suelo, como se puede apreciar en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valores promedios

Textura	CC (%)	PMP (%)	D_a (g/cm³)	H_a (m³/ha/70 cm)
Arenoso	9,0	4,0	1,6	560
Franco arenoso	14,0	6,0	1,5	840
Franco	19,5	10,0	1,2	798
Franco arcilloso	27,0	13,0	1,2	1 176
Arcillo arenoso	31,0	15,0	1,3	1 456
arcilloso	35,0	17,0	1,3	1 638

Fuente: MALDONADO I. (2001, en línea)

2.3 CALIDAD DEL AGUA

FOTH HD. (1990) indica que antes de construir un sistema de riego se debe examinar la naturaleza del agua que se va a usar. A veces el agua disponible tiene una concentración elevada de sales solubles. Las sales de sodio en el agua son

mucho más objetables que las de calcio y magnesio, debido a la tendencia del sodio a causar defloculación de la fracción coloidal del suelo y de desarrollar una estructura indeseable.

2.3.1 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA

BOLAÑOS GUILLÉN A., PÉREZ LÓPEZ M. y GARZA CANO E. (2007, en línea) la definen como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. El agua pura, no conduce la corriente eléctrica, a diferencia del agua con sales disueltas de acuerdo a los iones cargados positiva y negativamente.

En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad.

Buenos conductores: los ácidos, bases y sales inorgánicas: HCl, NaOH, NaCl, Na₂CO₃.

Malos conductores: Las moléculas de sustancias orgánicas que por la naturaleza de sus enlaces son no iónicas: como la sacarosa, el benceno, los hidrocarburos, los carbohidratos, etc, estas sustancias, no se ionizan en el agua.

FOTH HD. (1990) señala que el agua de **baja salinidad** se puede usar para el riego de la mayoría de los cultivos con pocas probabilidades de que el suelo se vuelva salino. Se requiere cierta lixiviación, pero ésta ocurre con prácticas de riego normales, excepto en suelos con muy mala permeabilidad.

El agua de **salinidad media** se puede usar en cantidades moderadas si hay lixiviación. En la mayoría de los casos se pueden cultivar plantas con resistencia moderada a las sales, sin prácticas especiales para el control de la salinidad.

El agua de **salinidad elevada** no se puede usar en suelos con drenaje reducido. Aún con drenaje adecuado, puede necesitarse un manejo especial para controlar la salinidad y para la siembra se deben seleccionar plantas con buena tolerancia a las sales.

El agua de **salinidad muy elevada** en condiciones ordinarias no es adecuada para el riego, pero ocasionalmente se puede usar en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, se debe aplicar agua de riego en abundancia para que haya una lixiviación considerable y se deben escoger plantas muy tolerantes a las sales.

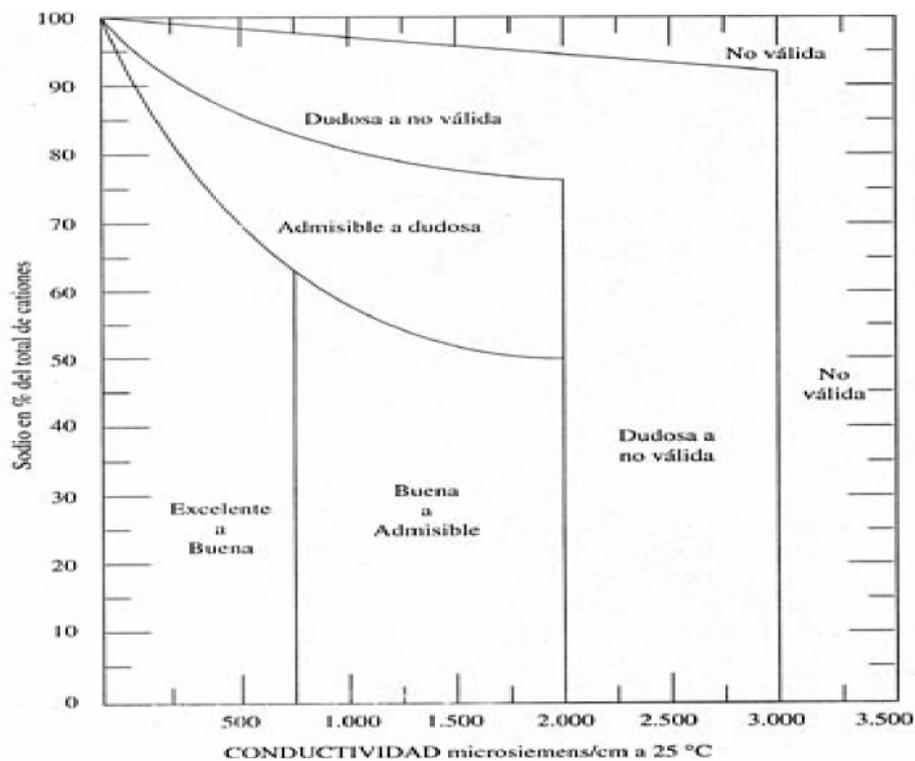


Figura 2. Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego

Fuente: URBANO TERRÓN P. (1995) citado por DE LOS ANGELES MEJIA PJ. (2007, en línea)

$CE \leq 0,7$ milimhos/cm: No hay problema

$0,7 < CE \leq 3,0$ milimhos/cm: Problema creciente

$CE > 3,0$ milimhos/cm: Problema grave

2.3.2 NORMA RIVERSIDE

Según URBANO TERRÓN P. (1995) citado por DE LOS ANGELES MEJIA PJ. (2007, en línea); la norma Riverside establece la clase de agua en función del riesgo de salinización (mediante la C. E.) y alcalinización (mediante el S. A. R) que puede originar su uso. Se establecen categorías de clases de agua enunciadas según las letras C y S (Figura 3).

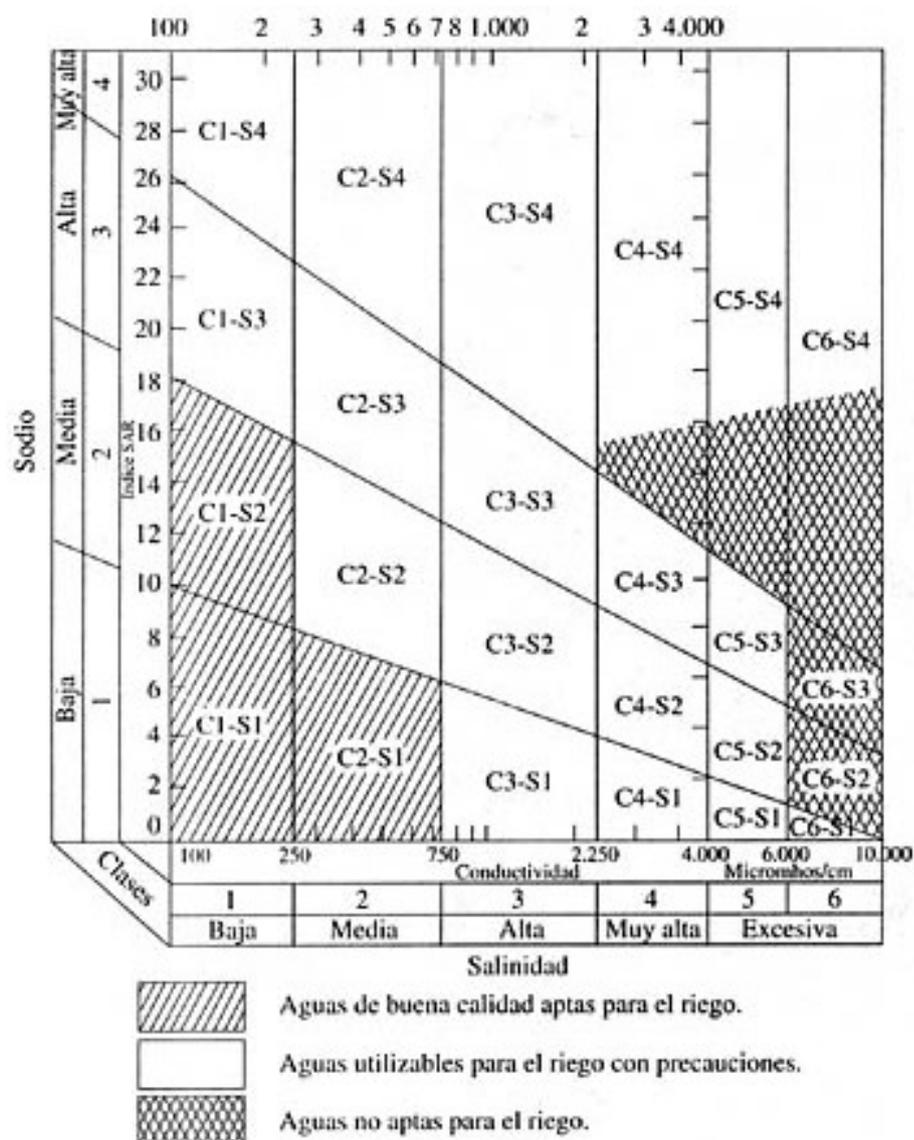


Figura 3. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego
Fuente: INFOAGRO.COM (s.f., en línea)

Cuadro 3. Clasificación del agua según la Norma Riverside

Tipos	Calidad y normas de uso
C ₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C ₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C ₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₅	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C ₆	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S ₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S ₂	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S ₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S ₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Fuente: INFOAGRO.COM (s.f., en línea)

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

2.4.1 TEXTURA

SISTEMA INTERACTIVO DE APOYO AL RIEGO SIAR. (s.f., en línea) define a la textura como proporciones relativas de sus separados individuales en base a masa (arena, limo y arcilla).

DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD DE GRANADA ESPAÑA (s.f., en línea) manifiesta que el término textura se usa para representar la composición granulométrica del suelo. En la figura 4 se representa gráficamente los valores de las tres fracciones.

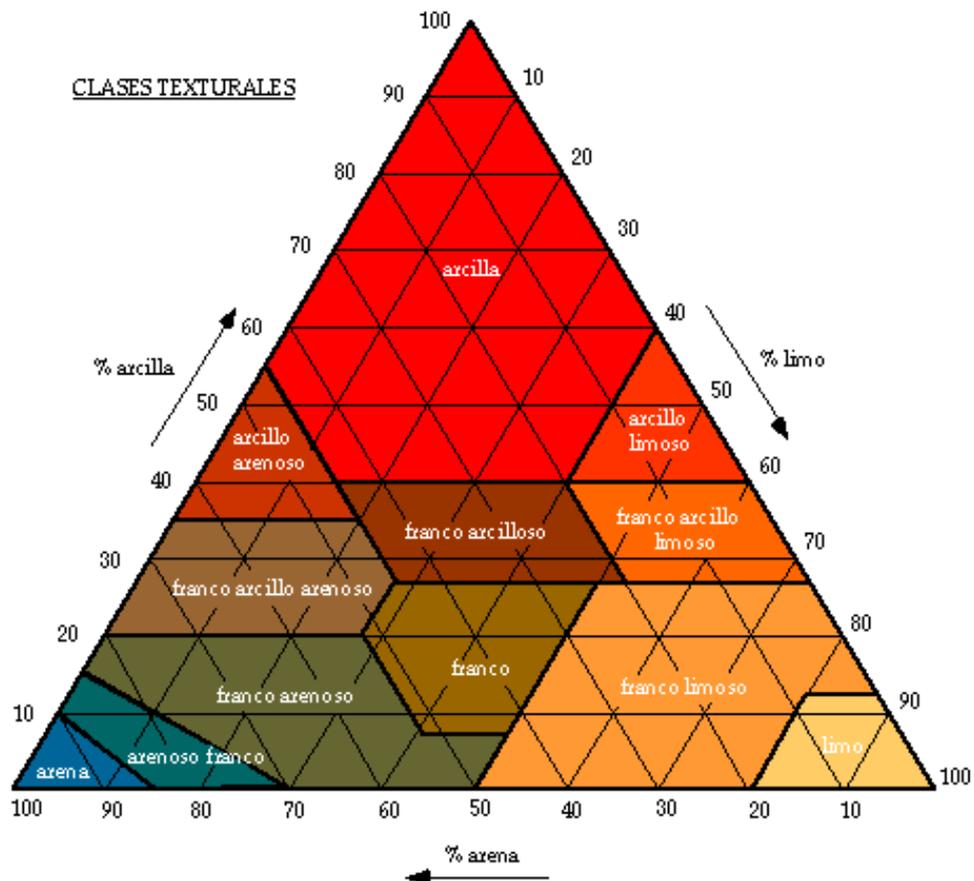


Figura 4. Triángulo textural según clasificación del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

Fuente: DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD DE GRANADA ESPAÑA (s.f., en línea)

2.4.2 ESTRUCTURA

CROSARA A. (s.f., en línea) define a la estructura como el arreglo de las partículas del suelo llamados “peds”, entendiéndose como tal a toda unidad que lo compone, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural). En los peds hay un material inerte, arenas, que se unen por la materia orgánica, las arcillas y otros agentes cementantes.

DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD DE GRANADA ESPAÑA (s.f., en línea) determina que las partículas del suelo no se encuentran aisladas, forman unos agregados estructurales que se llaman peds, estos agregados (o terrones) por repetición dan el suelo. Es como la celdilla unidad de los cristales que por repetición origina el mineral. Los agregados están formados por partículas individuales (minerales, materia orgánica y huecos) y le confieren al suelo una determinada estructura.

2.4.3 POROSIDAD

FUENTES YAGÜE JL. (1998) expresa que el suelo está constituido por partículas sólidas de distinto tamaño, que dejan entre sí unos espacios o poros ocupados por aire y agua. Por lo general, el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes, mientras que el agua ocupa los poros más pequeños. El conjunto de los poros del suelo se llama porosidad. Su valor suele oscilar entre el 40 y el 60 por 100 del volumen total del suelo.

En cuanto a la densidad del suelo (densidad = peso / volumen) hay que distinguir entre densidad aparente y densidad real.

La **densidad aparente**, se refiere a la densidad de una muestra de suelo tal como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros.

La **densidad real**, es la densidad de las partículas sólidas del suelo. Varía de 2, 5 a 2,7 toneladas por m³.

2.4.4 INFILTRACIÓN

NARRO FARÍAS E. (1994) expresa que la infiltración es la entrada del agua al suelo, a través de la interface suelo – atmósfera. Este proceso, al igual que el movimiento del agua en el suelo, obedece a gradientes de potencial hídrico y también es controlado por la capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de sus poros. El cuadro 4 indica que la velocidad de infiltración, que está íntimamente relacionada con la permeabilidad.

Cuadro 4. Velocidad de infiltración en suelos de diferente textura

TEXTURA DEL SUELO	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (mm de altura de agua por hora)
Arenoso	Más de 30
Franco – arenoso	20 – 30
Franco	10 – 20
Franco – arcilloso	5 – 10
Arcilloso	Menos de 5

Fuente: FUENTES YAGÜE JL. (1998)

2.4.5 EFECTOS DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD SOBRE EL SUELO Y LAS PLANTAS

2.4.5.1 Salinidad

SHIMPER (1903), citado por DORRONSORO C. (s.f., en línea) planteó la teoría de la sequedad fisiológica, en la que se postula que en medios salinos, aunque exista una humedad elevada, las plantas sufren estrés hídrico, se secan y acaban muriendo. La piel de la raíz actúa como una membrana semipermeable que en condiciones normales deja entrar el agua del suelo (el agua pasa del medio más concentrado hacia el menor para tratar de buscar un equilibrio; soluciones

isotónicas) pero en los suelo salinos no ocurre así, sino a veces el efecto contrario ¡la planta cede su agua al suelo!, efecto conocido como plasmólisis.

2.4.5.2 Sodicidad

SIMÓN (1996) citado por DORRONSORO C. (s.f., en línea) manifiesta que en los suelos sódicos, es el sodio el que causa la toxicidad, que podemos centrar en tres vías distintas: efecto nocivo del sodio activo para el metabolismo y nutrición de las plantas; toxicidad debida a los bicarbonatos y otros iones; elevación del pH a valores extremos por acción del carbonato y bicarbonato sódicos

2.4.6 CONDUCTIBILIDAD ELÉCTRICA EN EL SUELO

URBANO TERRÓN P (1995) citado por DE LOS ANGELES MEJIA PJ. (2007, en línea); nos proporciona el cuadro 5, en donde indica los niveles de salinidad según la conductibilidad eléctrica ($\mu\text{mhos/cm}$ en extracto de saturación, a 25 °C).

Cuadro 5. Influencia de la salinidad del suelo sobre los cultivos

CE (mmho/cm)	Influencia sobre los cultivos
0-2	Inapreciable (todos los cultivos pueden soportarla)
2-4	Ligera (sólo afecta a cultivos muy sensibles)
4-8	Media (tomar precauciones con toda clase de cultivos sencibles)
8-16	Intensa (sólo deben cultivarse especies resistentes)
16-20	Muy intensa (sólo podrán tolerarla cultivos excepcionalmente resistentes)

Fuente: URBANO TERRÓN P (1995) citado por DE LOS ANGELES MEJIA PJ. (2007, en línea)

2.4.7 CONTROL DE LA SALINIDAD

FOTH HD. (1990) indica que las sales que se añaden al suelo en las aguas de riego deben balancearse con las que eliminan por lixiviación. La parte del agua de

riego que debe lixivarse en la zona de las raíces se ha denominado requerimiento de lixiviación. Un requerimiento de lixiviación de 0,25 o del 25 % significa que el 25 % de agua de riego debe lixivarse de la zona de raíces y arrastrar con ella las sales contenidas en el agua de riego original. Obviamente, el agua de drenaje tiene una concentración de sales más alta que la de riego.

2.4.8 ACIDEZ O ALCALINIDAD DE LOS SUELOS

Según MARÍN GARCÍA ML. (1995) citado por DE LOS ANGELES MEJIA PJ. (2007, en línea); La acidez o alcalinidad de un suelo se expresa mediante el pH del mismo, es decir la concentración de iones hidrógeno que se encuentran en ese momento disociados en la solución suelo/agua. En el cuadro 6 observamos la clasificación del suelo según el pH.

Cuadro 6. El suelo según el pH

pH	Clasificación
7-6	Ligeramente ácidos
6-5	Moderadamente ácidos
5-4	Fuertemente ácidos
4-3	Muy ácidos
7-8	Ligeramente alcalinos
8-9	Moderadamente alcalinos
9-10	Fuertemente alcalinos
10-11	Muy alcalinos

Fuente: MARÍN GARCÍA ML. (1995) citado por DE LOS ANGELES MEJIA PJ. (2007, en línea)

2.5 RIEGO FORZADO

FUENTES YAGÜE JL. (1998) expresa que el agua se distribuye a presión mediante un sistema de tuberías en donde se instalan los emisores. En el riego por aspersión hay una presión relativamente grande que produce chorros de agua a gran velocidad, mojando la superficie del suelo de una forma parecida a como ocurre con la lluvia. En el riego por goteo la presión es reducida y los orificios de

salida solo permiten un gasto muy pequeño de agua, mojando el suelo en profundidad, en tanto que la superficie permanece seca o poco húmeda.

2.5.1 RIEGO POR ASPERSIÓN

MOYA TALENS JA. (2002), expresa que consiste en suministrar el agua como si fuera una lluvia. De 2,5 a 4 atmósferas.

BARRERA LIZARAZO R. (1984) y FOTH HD. (1990) manifiesta que el riego por aspersión se usa para prados o jardines. Los sistemas de aspersión son versátiles y tienen ventajas especiales en donde las tasas de infiltración son elevadas o la topografía impide que se haga una nivelación adecuada para el riego superficial. Resultan ideales para utilizarlos en donde el agua de riego se utiliza para complementar la precipitación natural. Si se conectan a un aparato que mida la humedad del suelo, los sistemas de aspersión pueden hacerse automáticos.

Ventajas:

- Ahorro de la cantidad de agua.
- Uniformidad en el reparto de agua.
- Gran ahorro de mano de obra.
- Rápida amortización.
- Facilidad de automatización.

Inconvenientes:

- Al ser un riego de superficie hay pérdidas de evaporación.
- No se puede evitar la aparición de malas hierbas.
- Necesidad de disponer de características de acometida (caudal, presión, diámetro).
- Mantenimiento y vigilancia continuada.

2.5.1.1 Componentes del sistema de riego por aspersión

TARJUELO MARTÍN-BENITO JM. (1999) expresa que las unidades básicas que componen el sistema de riego por aspersión son: El grupo de bombeo, las tuberías principales con sus hidrantes, las tuberías portaemisores (ramales o alas de riego) y los propios emisores.

Tipos de emisores: Tuberías perforadas, difusores fijos o toberas y aspersores.

2.6 CRITERIOS PARA SELECCIONAR UN MÉTODOS DE RIEGO

PALOMINO VELAZQUEZ KAREN (2009) manifiesta que existen varias consideraciones para seleccionar un sistema de riego que puede ir desde compatibilidad del sistema con el resto de operaciones agrícolas, factores económicos, limitaciones topográficas, propiedades del suelo. Por ejemplo el uso de máquinas podadoras, disponibilidad de agua, vida útil del sistema y algunos costos de operación como mantenimiento; deben ser tomados en cuenta a la hora de seleccionar un sistema de riego.

2.6.1 RIEGO CON DIFUSORES

RODRIGO LÓPEZ J. *et al* (1997) expresa que son sistemas con caudales generalmente inferiores a los 200 l/h por punto de emisión, con emisores que se denominan difusores cuando se trata de coberturas fijas, su difusión es a través del aire, tras incidir el chorro en un deflector fijo.

INFOJARDÍN.COM (s. f., en línea) indica que los difusores son parecidos a los aspersores pero más pequeños. Tiran el agua a una distancia de entre 2 y 5 metros, según la presión y la boquilla que se utilice. El alcance se puede modificar abriendo o cerrando un tornillo que llevan muchos modelos en la cabeza del

difusor. La regulación del arco de riego se obtiene cambiando la tobera, existe una gran variedad de toberas que van desde el riego de arco de circunferencia hasta el riego rectangular. A su vez las toberas pueden ser de sector fijo o de sector regulable.

2.6.1.1 Tipos de difusores

ELRIEGO.COM (s.f., en línea) clasifica a los difusores en aéreo y emergente.

Aéreo: Es simplemente la tobera colocada sobre un adaptador roscado a la tubería.

Emergente: La tobera va colocada en un cuerpo del cual sobresale un vástago cuando riega y permanece a ras de suelo cuando no riegan. Disponen de diferentes alturas de elevación del vástago (5cm, 7,5 cm, 10 cm, 15 cm, 30 cm, etc.)

IRRITROL (2008) describe características de difusores y boquillas

2.6.1.1.1 Serie I-PRO™

Los difusores de serie I-PRO™ de Irritrol combinan una junta de cierre activada por presión y un lubricante de fórmula avanzada que elimina casi por completo los problemáticos agarrotamientos. El diseño exclusivo de borde cónico evita que los residuos ingresen en el cuerpo, obteniendo un mejor rendimiento. Además ofrece un difusor de recambio de 4" que permite actualizar el sistema sin tener que comprar el cuerpo; incluso se adapta al difusor 1804 de Rain Bird. Por otra parte, la serie I-PRO, que se ofrece en cuatro alturas de emergencia con entrada lateral, regulador de presión y válvula de retención opcionales.

Especificaciones:

- Entrada: rosca hembra NPT de ½"

- Altura:
 - I-PRO 300: 4 $\frac{7}{8}$ "
 - I-PRO 400: 5 $\frac{5}{8}$ "
 - I-PRO 600: 9 $\frac{1}{4}$ "
 - I-PRO 1200: 16"
- Presión de trabajo recomendada:
 - Estándar: de 20 a 50 psi (máx. 75 psi)
- Pluviometría: de 0.96 a 4.69 pulgadas por hora
 - Espaciado: 4' – 15'

2.6.1.1.2 Boquillas PRO-VAN

Cuenta con un diseño exclusivo del cabezal “Smart Grip”, ofrecen el ajuste más sencillo del arco de 0° a 360°, incluso durante el riego, y garantizan un ajuste de precisión para una cobertura exacta. Se ofrecen en cinco radios, de 8 a 17 pies, y cada uno permite una reducción del radio del 25% para lograr una mayor precisión. Cada boquilla es compatible con todos los difusores de Irritrol y con cualquier vástago de rosca macho del sector. Posee una flecha visible del tope izquierdo en la parte superior de la boquilla, que permite garantizar la precisión del ajuste, y la codificación por colores que facilita la identificación del radio.

Especificaciones:

- Caudal: de 0,53 a 4,60 GPM
- Presión de trabajo recomendada: de 20 a 50 psi
- Presión de trabajo máxima: 75 psi

2.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

TARJUELO MARTÍN-BENITO JM. (1999) manifiesta que existen dos partes bien definidas: el diseño agronómico y el diseño hidráulico. El primero se

relaciona con las condiciones del medio (suelo, cultivos, clima, parcelación, etc.) y con el segundo se realiza el dimensionamiento más económico de la red de tuberías, con el objetivo de conseguir un reparto uniforme del agua de riego.

2.7.1 PRESIÓN Y CAUDAL DISPONIBLES

TORO (2006) y HUNTER INDUSTRIES (2006) argumentan que uno de los puntos principales para asegurar una buena instalación de riego es contar con el caudal y la presión de agua adecuados. Se requiere un manómetro para medir la presión, un cronómetro (o reloj con segundero) y un cubo de 10 litros de capacidad para medir el caudal.

2.7.2 DISEÑO AGRONÓMICO

Según la UNIVERSIDAD DE SEVILLA (2007, en línea), el objetivo del diseño agronómico del riego por aspersión es suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una buena eficiencia. Los datos imprescindibles que se necesitan son los siguientes:

Del suelo. Densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitamiento, profundidad y velocidad de infiltración estabilizada.

Del clima. Datos relacionados con el viento, ya que es la causa principal de la distorsión en el reparto del agua.

Del cultivo. Necesidades hídricas, fracción de agotamiento del agua disponible, profundidad radical, marco de plantación, labores.

De la parcela. Dimensiones, topografía, punto de captación de agua y área a regar.

Del agua. Caudal disponible y calidad agronómica.

Del riego. Tiempo disponible de riego cada día y días libres de riego. Se fija de antemano la eficiencia que se pretende conseguir.

El diseño agronómico del riego por aspersión se desarrolla en dos fases:

- Cálculo de las necesidades de agua
- Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia e intervalo entre riegos, caudal necesario, duración del riego, número de emisores y disposición de los mismos.

2.7.2.1 Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos

FUENTES YAGÜE JL. (1998) manifiesta que las necesidades de agua de un cultivo comprenden la transpiración de las plantas y la evaporación ocurrida en la superficie del suelo. Ambos procesos constituyen la evapotranspiración expresada en milímetros de agua por día, por mes o temporada del cultivo.

2.7.2.1.1 Determinación de la Evapotranspiración (ETo)

CHUCYA CCAHUA P. (s.f., en línea) menciona los métodos para llegar a determinar la ETo:

- Método Tanque evaporímetro, Clase “A”
- Método Blaney Chiddle
- Método Penman modificado
- Método de Hargreaves

2.7.2.1.1.1 Cálculo de ETo mediante el método de Bandeja Evaporimétrica Clase “A” (tanque evaporímetro)

DIAZ (1988) manifiesta que los efectos ponderados de las variables humedad relativa, viento, radiación y temperatura, variables climáticas que influyen en la evapotranspiración, pueden ser medidos a través de este método. Las mediciones

con este método presentan las más altas correlaciones entre evaporación del agua en el tanque evaporímetro (ETP) y la (ETR) medida con lisímetro.

DOORENBOS y PRUITT (1984) expresa que la evaporación del agua en el tanque evaporímetro permite estimar el ETo mediante un coeficiente de bandeja, determinado empíricamente, que refleja los efectos de las condiciones de instalación sobre ETo.

$$E_{To} = E_t \times K_p \text{ (mm/día)}$$

Donde:

E_t = evaporación de bandeja (promedio diario)

K_p = obtenido en función del viento, humedad relativa, distancia a barlovento y de las condiciones de instalación. Varía entre valores de 0,6 y 0,8.

2.7.2.1.1.2 Ecuación del ETo por el método Fao Penman-Monteith

FAO (1990) explica que un panel de expertos e investigadores en riego fue organizado por la FAO, en colaboración con la Comisión Internacional para el Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial, con el fin de revisar las metodologías previamente propuestas por la FAO para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos. La ecuación utiliza datos climáticos de radiación solar, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento.

El método FAO Penman-Monteith fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial de 70 s m^{-1} y un albedo de 0,23 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. El método reduce las imprecisiones del método anterior de FAO Penman y produce globalmente valores más consistentes con datos reales de uso de agua de diversos cultivos.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

ET_o = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)

G = flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u_2 = velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s = presión de vapor de saturación (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ = constante psicométrica (kPa °C⁻¹)

2.7.2.1.2 Coeficiente del cultivo (K_c), según el tipo de planta

ELRIEGO.COM (s.f., en línea) detalla el Coeficiente del Cultivo k_c , factor que especifica las necesidades de agua de una determinada planta en relación al césped que está representado por el coeficiente 1 ilustrado en el cuadro 7.

Cuadro 7. Coeficiente según el tipo de planta

Arbustos y plantas de zonas áridas	0,2 – 0,3
Cítricos y frutales	0,6 – 0,7
Arbustos ornamentales	0,7 – 0,8
Tapizantes, bancales de flores	0,8 - 1
Árboles singulares	0,7
Césped	1

Fuente: ELRIEGO.COM (s.f., en línea)

2.7.2.2 Determinación de los parámetros de riego

DE LOS ÁNGELES MEGÍA P.J. (2007) sugiere las siguientes fórmulas para calcular los parámetros de riego:

2.7.2.2.1 Necesidad neta

Es el mes de máximo consumo, es decir el ETc del cultivo, en mm/día.

2.7.2.2.2 Dosis neta

$$Dn = (Cc - Pm) \times da \times NAP \times z \times P$$

En donde:

Cc = contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (%).

Pm = contenido de humedad del suelo en el punto de marchitamiento (%).

da = densidad aparente (t/m³)

NAP = Déficit permisible de manejo o nivel de agotamiento permisible

z = profundidad radicular efectiva (m).

P = porcentaje mínimo de suelo mojado.

2.7.2.2.3 Necesidad de lavado

PRONTUARIO DE HIDRÁULICA, citado por DE LOS ÁNGELES MEGÍA PJ. (2007) propone un valor de CEe = 5,6 para una producción del 100% de especies cespitosas

$$LR = CEi / [(5 \times CEe - CEi) \times f]$$

En donde:

CEi = Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm)

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo

f = Eficiencia de lavado

2.7.2.2.4 Necesidades brutas

$$Nb = Nn / [Ea \times (1 - LR)]$$

En donde:

Nn = Necesidad neta (mm/día)

Ea = Eficiencia de la aplicación (%)

LR = Necesidad de lavado (%)

2.7.2.2.5 Dosis bruta ajustada

$$Dba = Nb \times IR$$

En donde:

Nb = Necesidad bruta

IR = Intervalo de riego

2.7.2.2.6 Cálculo del tiempo de riego

Según ELRIEGO.COM (s.f., en línea), nunca podrán funcionar aspersores y difusores juntos en un mismo sector porque los tiempos de riego son muy diferentes entre uno y otro.

$$Tr = Dba/P$$

Donde:

Dba = Dosis bruta ajustada de agua en mm/día.

P = Pluviometría del difusor en mm/h.

2.7.2.2.7 Cálculo del volumen de agua

INFOJARDÍN.COM (s. f., en línea) indica que para calcular el volumen de agua de riego podemos usar la siguiente ecuación:

$$V = Nb \times A$$

Donde:

Nb = Necesidad bruta (m^3/m^2)

A = Área (m^2)

2.7.2.2.8 Cálculo del costo del consumo de agua

ELRIEGO.COM (s.f., en línea) presenta la ecuación para calcular el costo:

$$\text{Costo} = V \times \text{valor del } m^3 \text{ de agua}$$

Donde:

V = volumen de agua utilizada para riego (m^3)

v_a = en dólares/ m^3

2.7.3 DISEÑO HIDRÁULICO

UNIVERSIDAD DE OVIEDO. ÁREA DE MECÁNICA DE FLUIDOS (s.f., en línea) manifiesta que el flujo de un líquido en una tubería viene acompañado de una pérdida de energía, que suele expresarse en términos de energía por unidad de peso circulante (dimensiones de longitud), denominada habitualmente pérdida de carga.

La pérdida de carga está relacionada con otras variables fluidodinámicas según sea el tipo de flujo laminar o turbulento. Además de pérdidas de carga lineales (a lo largo de la tubería), también se producen pérdidas de carga singulares en puntos concretos como codos, válvulas, etc.

2.7.3.1 Número de Reynolds

WIKIPEDIA. LA ENCICLOPEDIA LIBRE (2007, en línea) indica que este número recibe su nombre en honor de Osborne Reynolds (1842-1912), quien lo describió en 1883. El número de Reynolds es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, permite predecir el carácter turbulento o laminar en ciertos casos. Así por ejemplo en conductos si el número de Reynolds es menor de 2000 el flujo será laminar y si es mayor de 4000 el flujo será turbulento. El régimen turbulento, está caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional Para números de Reynolds entre 2000 y 4000 el régimen se denomina de transición.

Fórmula de para calcular el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

Donde:

ρ = densidad del fluido

v = velocidad del fluido

D = Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema

μ = viscosidad del fluido

2.7.3.2 Pérdida de carga

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR), INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA), TAPIA CONTRERAS F. y OSORIO ULLOA A. (1999) conceptualizan a la pérdida de carga como la pérdida de energía que experimenta el agua en su recorrido en el interior de la tubería, desde la entrada hasta el final de ella, provocando una disminución de la presión interna del sistema.

La pérdida de carga está estrechamente relacionada con el caudal conducido, diámetro, longitud, y rugosidad de las tuberías (pérdidas por fricción). Otro factor que afecta la presión son las pérdidas por singularidades, esto es por uniones, válvulas y fittings existentes.

TARJUELO MARTÍN-BENITO JM. (1999) manifiesta que las fórmulas empíricas más recomendadas según el tipo de material para las unidades J (m/m), D (m) y Q (m³/s) son:

Para régimen turbulento liso [$\beta = 1,75$ y $f = f(Re)$]:

Fórmula de Blasius: muy indicada para tubería de plástico en riego localizado para $3\,000 < Re < 10^5$:

$$f = 0,3164 Re^{-0,25}$$

Para régimen turbulento de transición [$1,75 < \beta < 2$; $f = f(Re, K/D)$]

Fórmula de Hazen-Williams:

$$J = 10,62 C^{-1,85} D^{-4,80} Q^{1,85}$$

Donde C depende del material de la conducción y del diámetro de la misma.

UNIVERSIDAD DE OVIEDO. ÁREA DE MECÁNICA DE FLUIDOS (s.f., en línea) expresa que Colebrook y White consiguieron encontrar un factor de f para todo tipo de flujo y rugosidades:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \right]^2}$$

2.7.3.2.1 Cálculo de pérdida de carga

MILIARIUM.COM (s.f., en línea) aclara que el método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$h = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,871})] \cdot L$$

En donde:

h = pérdida de carga o de energía (m)

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de rugosidad (adimensional)

D = diámetro interno de la tubería (m)

L = longitud de la tubería (m)

MILIARIUM.COM (s.f., en línea) indica la siguiente tabla del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales en el cuadro 8:

Cuadro 8. Coeficiente de Rugosidad de Hazen-Williams

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: MILIARIUM.COM (s.f., en línea)

2.7.4 DISEÑO GRÁFICO

Según HUNTER INDUSTRIES (2006) sugiere realizar un plano, dividir el terreno en áreas. Estas áreas deberán ser lo más grandes posibles. Se considera las áreas con césped o arbustos y áreas con sombra.

2.7.4.1 Los traslapes

SODIMAC (2003, en línea) argumenta que cuando la distancia entre aspersores es un 50% del diámetro ajustado, se habla de "cobertura cabeza a cabeza" o "traslape total". Cuando se distancian hasta un 60% del diámetro ajustado, se habla de "traslape parcial".

2.7.4.2 Marco de aspersores

INFOAGRO.COM. (s.f., en línea) manifiesta que se pueden ubicar a los emisores en tres formas distintas como se ilustra en la figura 5.

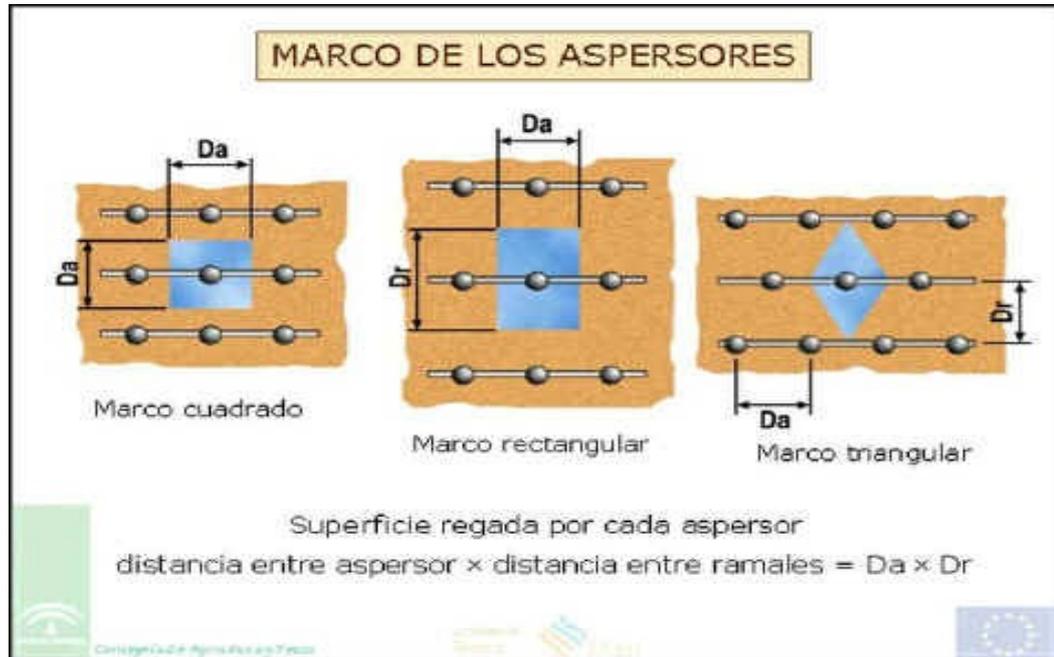


Figura 5. Marco de aspersores

Fuente: INFOAGRO.COM. (s.f., en línea)

2.7.4.3 Asignación de los circuitos

SODIMAC (2003, en línea) sugiere agrupar los aspersores en circuitos siguiendo las siguientes reglas:

- Al trazar en el plano los diferentes circuitos usar un color distinto para cada circuito.
- Para conocer el flujo de cada circuito, sumar los flujos individuales de acuerdo a las cifras entregadas por el fabricante de cada aspersor.
- No mezclar diferentes tipos de aspersores en un mismo circuito.
- Al regar un área con pendiente, agrupar en un mismo circuito los aspersores que se encuentren a un mismo nivel. Esto evitará que el agua en la cañería fluya hacia el aspersor más bajo cada vez que se cierre el circuito.
- Empezar desde la válvula y conectar todos los aspersores en el circuito.

- Diseñar los circuitos teniendo una línea principal, de la cual se vayan derivando las conexiones a los distintos aspersores (en forma de T). No diseñar una sola línea continua que cambie de posición a medida que avanza, pues mientras más directo sea el trazado de las cañerías, menores serán las pérdidas de presión del agua.

2.8 PLANTAS ORNAMENTALES

HESSAYON DG. (1985), ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. (2003) y BURNIE G., *et al* (2006) indican las características y agrotécnica de diferentes plantas ornamentales.

2.8.1 ALMENDRO DE LA INDIA

Terminalia catappa. Este atractivo árbol tiene ramas estratificadas horizontalmente y una copa ancha y aplanada, a menudo con una anchura que dobla su altura, de 18 m. Las hojas son verdes lustrosos, nervudos y anchamente ovales; con la edad se vuelven de un naranja vivo, después rojas, y caen en cualquier momento del año, aunque el árbol nunca está completamente desnudo. Las flores, discretas pero ligeramente fragantes, son blancas y brotan en espigas cerca de los extremos de las ramas de verano a otoño. Van seguidas de frutos amarillos que se tiñen de rojo cuando maduran; constan de una pulpa fibrosa que rodea una semilla como una almendra, cuyo contenido es comestible, crudo o tostado.

2.8.2 ALOE VERA, SÁBILA, ALOE MEDICINAL

Aloe vera, sin. Aloe barbadensis. Esta especie de tallo corto, famosa por sus propiedades medicinales, probablemente es originaria de Arabia o del norte de África. Alcanza una altura de 60 cm y tiene rosetas de hojas gruesas, estrechas y lanceoladas, de color verde grisáceo, con pequeños dientes blanquecinos en los

bordes. En verano aparecen las pequeñas flores de color amarillo anaranjado sobre espigas de hasta 1 m de alto. El espeso jugo de la hoja se usa en productos para el cuidado de la piel y el tratamiento de quemaduras.

2.8.3 BOUGAINVILLA

Bougainvillea spectabilis. Especie vigorosa y de crecimiento rápido natural de Brasil. Fue la primera buganvilla que se descubrió. Principalmente perennifolia, puede alcanzar hasta 6 m de altura y está armada de espinas curvas. Sus hojas son de color verde oscuro y más peludo que las de otras buganvillas. El envés puede ser bastante aterciopelado y las vistosas brácteas, que aparecen en verano en grandes panículas, son de color rojo oscuro y púrpura. Tiene cultivares y es progenitora de varios cultivos híbridos.

2.8.4 CIPRÉS

Cupressus arizonica glauca. Una de las variedades de ciprés más difundida por su fácil adaptación a casi cualquier clima. Se trata de un injerto del ciprés de Arizona, cuyo rápido crecimiento y hojas azul plateado le hacen especialmente atractivo.

2.8.5 CORDYLINEA

Cordyline fruticosa, **sin.** *Cordyline terminalis*. Esta especie muy conocida se originó probablemente en algún lugar en las proximidades de Papúa Nueva Guinea, pero fue dispersada hace mucho por todo el Pacífico por los melanesios y polinesios, que apreciaban sus rizomas feculentos como alimento. Alcanza al menos 3 m de alto, formando un tronco ramificado bastante fuerte, pero se ve con más frecuencia como un arbusto de 1 – 1,8 m en jardines o como planta de interior. Las delgadas hojas lanceoladas alcanzan 75 cm de largo y 15 cm de ancho, y se apiñan en lo alto del tallo. Las panículas de 30 cm de flores

perfumadas, que nacen en verano, pueden ir seguidas de bayas rojas hacinadas. Hay numerosas formas de follaje colorido o jaspeado; también varían en cuanto al tamaño y la forma de las hojas.

2.8.6 CROTÓN

Codiaeum variegatum. Esta especie se da en todo el territorio del género y en estado silvestre forma un árbol pequeño con hojas de un verde liso. Sin embargo, las formas cultivadas muestran enormes variaciones en el color y el diseño de las hojas, con tonos de verde, rojo, amarillo, naranja y púrpura, a veces en la misma planta. Algunos cultivares pueden alcanzar 2,4 m o más de altura, con hojas de hasta 30 cm de largo. Se deben multiplicar de forma vegetativa, normalmente por esquejes, para mantener el color del follaje. ‘**América**’ tiene hojas verdes, anaranjadas y amarillas, y una variegación en los nervios y en los márgenes; ‘**Petra**’ es parecido a América pero con márgenes más definidos, ‘**Imperiale**’ tiene hojas amarillas con márgenes color rosa y el nervio medial verde; ‘**Interruptum**’ tiene hojas amarillas recurvadas con márgenes verdes y el nervio medial rojo; ‘**Mrs Iceton**’ (sin. ‘Appleleaf’) tiene hojas elípticas, de márgenes púrpura metalizados y centros entre amarillo y rosa.

2.8.7 DICONDRA, OREJITA DE RATÓN

Dichondra micrantha. Planta perenne de Nueva Zelanda y Australia que forma un buen césped verde suave; resulta adecuada para un lugar umbrío bajo un árbol. Enraíza en los nudos de los tallos, que se extienden ampliamente. Sus hojas son arriñonadas y de apenas unos 12 mm de anchura. En primavera produce pequeñas e inapreciables flores verdes. *Dichondra micrantha* se ha confundido a menudo con *D. repens*, muy similar, que se diferencia en el envés de sus hojas, verde y no grisáceo.

2.8.8 ENANA

Es un arbusto redondeado, con apretadas ramillas de follaje verde, que crece lentamente. La variedad *C. lawsoniana* <<*Nana*>> tiene una talla final de 0,9 a 1,2 m en 10 años.

2.8.9 FICUS, HIGUERA LLORONA

Ficus benjamina. Ficus enano perenne, árbol tropical asiático de hoja perenne, abundante vegetación y ramificaciones colgantes. Produce hojas esbeltas y brillantes de color verde, puede alcanzar 15 m de alto y una extensión mucho mayor, sostenida a veces por raíces aéreas, su sistema radicular es invasivo. Esta especie y sus cultivares se utilizan extensamente como plantas de interior en maceta.

2.8.10 GINGER, JENGIBRE ROJO

Alpinia purpurata. Originaria de las islas del Pacífico, produce durante todo el año vistosas espigas de florecillas blancas entre brácteas de un intenso escarlata. Las brillantes hojas son estrechas y lanceoladas. Las plántulas nuevas brotan entre las brácteas florales y enraízan cuando los tallos florales marchitos caen al suelo bajo el peso de las plántulas. Las plantas alcanzan tres metros de altura.

2.8.11 GUAYABO AMARILLO

Psidium guajava. Cultivado en todas las regiones tropicales y subtropicales por sus nutritivos y abundantes frutos, este árbol alcanza 9 m de alto con una densa y poblada copa. Tiene la corteza verde y escamosa. Las hojas, de 25 cm de largo, son coriáceas, nervudas y con el envés veloso. Da flores en primavera que se apiñan en las axilas de las hojas y van seguidas de frutos redondos de 8 cm de diámetro con la pulpa rosa y la piel amarilla.

2.8.12 HELECHO ESPADA

Nephrolepis exaltata. Helecho perennifolio que no se cultiva tanto como sus muchos cultivares, de follaje más exuberante, a veces parecido al encaje o teñido amarillo. Tiene frondes erectas, lanceoladas y verde claro sobre tallos sarmentosos; puede superar un metro de altura y extensión. Queda bien en cestas colgantes.

2.8.13 HELICONIA

Caliguate, flor de loros, *Heliconia psittacorum*. Distribuida desde el este de Brasil hasta las Antillas, esta especie es buena para plantaciones masivas. Tiene hojas lanceoladas de largo pecíolo y color verde intenso. En verano da unas brácteas estrechas, rosadas, anaranjadas o rojo claro que rodean las flores, amarillas o rojas, con la punta verde. Suele medir 1 a 1,5 m de alto.

Heliconia de cola de pescado, *Heliconia rostrata*. Esta especie de Perú y Argentina, posiblemente la heliconia más llamativa, tiene una gran cascada colgante de brácteas alternas de color escarlata con la punta amarilla y verde. Alcanza 1-6 m de alto.

Heliconia stricta. Esta heliconia de Sudáfrica crece en matas de hasta 1,8 m de alto con una extensión de 1,5 m. Tiene hojas como de bananera de 1,8 m de largo. Cada inflorescencia presenta brácteas rojas o anaranjadas bordeadas de verde.

Heliconia arco iris, heliconia de pascua, *Heliconia wagneriana*. Originaria de la zona más calurosa y húmeda de América Central, esta magnífica heliconia con sus brácteas crema, rojas y verdes, no puede dejar de impresionar. Alcanza 3,5 m de alto, pero la estación de floración primaveral es relativamente corta para una heliconia.

2.8.14 IXORA

Ixora chinensis. Este arbusto perennifolio alcanza una altura y extensión de 1,2 m; con ramas erectas muy hacinadas vestidas de hojas verde muy oscuro. Los grandes racimos terminales de flores tubulares brotan de primavera a otoño y varían de un brillante rojo anaranjado, amarillo y blanco a rosa.

Coralilla, cruz de malta, *Ixora coccinea*. Este pulcro arbusto perennifolio redondeado, oriundo de las regiones tropicales del sudeste asiático, alcanza una altura de 1 m con una extensión de 1,5 m. Sus pequeñas flores tubulares escarlata brotan en verano en densos racimos esféricos entre las hojas, de 10 cm de largo y color verde oscuro, pueden venir seguidas de frutos negros del tamaño de cerezas.

Ixora Sunkist. Procede de Singapur y alcanza 60 cm de alto. Presenta estrechas hojas verde brillante y cabezuelas apretadas de flores rosa melocotón, que se vuelven rojo ladrillo más tarde. Prefiere una posición soleada o en semisombra en el jardín tropical y no tolera las heladas. Debe podarse la mitad de su crecimiento después de que las flores se hayan agotado a finales de invierno. Se multiplican por esquejes en primavera.

2.8.15 JUDÍOS ERRANTES, AMORES DE HOMBRE

Tradescantia pallida*, sin. *Setcreasea purpurea. Esta especie del este de México forma una densa mata de follaje y tiene florecitas rosadas en verano. Las hojas lanceoladas y algo carnosas, de 8-15 cm de largo, adquieren con frecuencia tonos rojos si se cultiva a pleno sol. Tiene el follaje púrpura.

2.8.16 LANTANA, BANDERA ESPAÑOLA

Lantana cámara. Vilipendiado en las regiones más cálidas y húmedas del mundo por su exuberante invasión de bosques y pastos, y el envenenamiento del ganado, pero apreciado como ornamental en regiones más frescas o secas. Buena parte de su doble personalidad, se debe a su variabilidad, haciendo que los botánicos duden

a ver si es, de hecho, una sola especie. Se han identificado al menos 25 cepas de malas hierbas en Australia, solo unas pocas de las cuales fueron introducidas como ornamentales; muchos de los cultivares ornamentales no dan señales de convertirse en malas hierbas. Las formas de malas hierbas producen largas cañas trepadoras y se pueden amontonar hasta 6 m de alto, incluso sin árboles por donde trepar

2.8.17 PALMERAS

No hay nada como las palmeras para añadir un toque tropical. Un invierno crudo puede causarles serios daños.

Variedades. La mejor para plantar en solitario es *Trachycarpus fortunei*, la palmera china, cuyas grandes hojas en abanico emergen de lo alto del delgado tronco. Es bastante resistente. *Chamaerops humilis*, el palmito, sólo es resistente en lugares templados, próximos al mar. Como planta de maceta la mejor es *Cordyline australis*, palmera real.

2.8.18 PALMERA DE ABANICO DE FIDJI

Pritchardia pacifica. Es impresionante por su copa de exuberante follaje, que consta de enormes frondes plisadas de hasta 1,5 m de diámetro cada una, solo divididas someramente en segmentos. Las ramas floridas son más cortas que las de muchas otras *Pritchardia*, pues no se extienden más allá de las frondes, y dan densos racimos de flores amarillas en los extremos; los frutos son pequeños, negros y redondos. Esta palmera se cultiva fácilmente y crece con rapidez.

2.8.19 PALMERA DE ALGODÓN, WASHINGTONIA DE CALIFORNIA

Washingtonia filifera, **sin.** *Washingtonia filamentosa*. Del sur de California y Arizona, esta palmera forma un tronco grueso y alcanza 8–18 m de alto. Las

frondes son verde grisáceo y forman una ancha copa esférica de unos 4,5 m de diámetro. El nombre vulgar *palmera de algodón* procede de los filamentos blancos y algodonosos que hay sobre los segmentos de la frondes y entre ellos. Da pequeñas bayas negras y duras que maduran en invierno.

2.8.20 PALMERA DE COLA DE ZORRO

Wodyetia bifurcata. Esta palmera de 9 m de alto tiene frondes plumosas verde claro de 2,4 m de largo, cuya forma recuerda a la cola de un zorro. El tronco, en forma de botella, es liso y listado y tiene una prominente roseta apical verde claro. En la base de la roseta apical brotan grandes racimos florales ramificados. Los frutos son ovoides, miden 6 cm de largo.

2.8.21 PALMERA DATILERA DE SENEGAL

Phoenix reclinata. Esta especie africana es más pequeña que *Phoenix canariensis* y *P. dactylifera*, alcanzando solo 6 – 9 m de alto. Se define por sus troncos múltiples, cada uno curvado elegantemente hacia fuera desde el centro de la mata. Los pequeños frutos son amarillos o rojizos.

2.8.22 PALMA DE NAVIDAD, PALMERA DE MANILA

Veitchia merrillii. Nativa de Filipinas, esta es una pequeña y bonita palmera muy cultivada en los jardines tropicales. Alcanza 6 m de alto al madurar y tiene un tronco esbelto marcado con anillos. Las plumosas hojas, de un verde vivo, brotan de una roseta apical corta y forman una copa compacta. Da brillantes frutos rojos, de unos 35 mm de largo, que cuelgan en racimos bajo la copa en otoño e invierno.

2.8.23 PEREGRINA, YURAMIRA

***Jatropha intetropa integerrima*, sins. *Jatropha pandurata*, *J. pandurifolia*.**

Nativo de las Antillas y Perú, este árbol perennifolio estrechamente cupuliforme alcanza 6 m de alto con una extensión de 1,8 m pero puede mantenerse podado con el tamaño de un arbusto. Sus hojas, verde brillante, no suelen estar lobuladas; las flores, infundibuliformes y rojo brillante, están agrupadas en racimos cerca de la punta de las ramas.

2.8.24 PINOS AUSTRALIANOS

***Casuarina australiana*.** Los miembros de este género de árboles de hoja perenne se han ganado el nombre de pinos australianos por su aspecto de coníferas. Agrupa seis especies de amplia distribución en Australia, y otras tantas en las islas que hay más al norte. Muchas otras especies antes encuadradas aquí se clasifican ahora bajo *Allocasuarina* o *Gymnostoma*. A pesar de que dan unas discretas flores (masculinas y femeninas), las casuarinas son árboles aiosos, de crecimiento rápido, que toleran vientos fuertes y se adaptan a condiciones secas. Su madera proporciona una leña excelente. Se cultivan como árboles de sombra y ornamentales y algunos agricultores las aprecian por el resguardo que proporcionan al ganado; otros sostienen que envenenan el suelo; las casuarinas tienen organismos fijadores de nitrógeno en las raíces y se ha comprobado que los compuestos liberados por las ramitas caídas inhiben el crecimiento de otras plantas.

2.8.25 PLANTAS RASTRERAS

***Portulaca grandiflora*.** Conocida como verdolaga, originaria de Brasil. Es rastrera tanto en tierra como en maceta, de hojas pequeñas y carnosas. Flores grandes y muy coloridas pudiendo ser púrpuras, rosas, amarillas o blancas. Prefiere la luz del sol directo. Riego periódico, soporta quedarse seca durante un tiempo.

Fittonia verschaffeltii. Planta perenne originaria de Colombia y Perú. Siempre verde, rastrera con hojas ovales, pequeñas, de color verde oliva y venas blancas o rojas. En caso de floración se recomienda eliminar las flores pequeñas blancas que salen en una espiga blanca. Fertilizar y regar regularmente, no soporta quedarse seca.

2.8.26 PODOCARPUS

Podocarpus neriifolius. En el clima cálido de sus Borneo y Nueva Guinea nativos, esta especie alcanza más de 18 m de alto y se caracteriza por sus hojas relativamente grandes y sus frutos pequeños. Las finas hojas verde oscuro, increíblemente lustrosas, tienen el nervio medial prominente y alcanzan hasta 15 cm de largo. Las flores aparecen en amentos: los masculinos son marrones y los femeninos verdes. Los frutos son bayas ovoides, carnosas y verdes.

2.8.27 ROSA

Rosas borbonianas. Se originan por el cruce accidental de *Rosa chinensis* y damasco. Estas plantas de larga duración e intenso aroma, se siguen cultivando en abundancia, tiene capullos rojos que se convierten en flores blancas dobles. Alcanza 2,4 m de alto, con un despliegue en masa de flores dobles de un rosa claro.

2.8.28 YUCCA

Es un arbusto para plantar en solitario de manera que pueda lucir sus hojas como espadas, y sus inmensas inflorescencias, las variedades populares son bastante resistentes, florece sin dificultad cada año. Suelen plantarse variedades que no se ramifican como la *Y. filamentosa*, con una roseta basal de hojas rígidas de 60 cm de longitud, y un pedúnculo floral de 1,2 a 2 m en agosto. Flores blancas en forma de copa, las primeras aparecen a los tres años de haberla plantado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

El estudio para el sistema de riego se llevó a cabo en el campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicado en La Libertad, Km 1½ vía La Libertad-Santa Elena, se encuentra a 34,475 msnm. La topografía de la zona es regular, con una ubicación geográfica de 2° 14' de latitud sur y 80° 52' de longitud occidental.

3.2 MATERIALES Y EQUIPO

3.2.2 EQUIPO DE CAMPO

- Cinta métrica
- Flexómetro
- Cronómetro
- Valdes
- Lápiz
- Hojas de papel
- Tablero
- Llave de tubo
- Playo
- Manómetro
- Manguera

- Machete
- Jarras con medida
- Cámara fotográfica
- Cámara de video

3.2.3 EQUIPO DE OFICINA

- Calculadora
- Computadora
- Software autocad 2 009
- Software cálculo de pérdida de carga de “Amanco”/ Plastigama
- Planos de red de agua y áreas verdes
- Cd de planos de red de agua y áreas verdes
- Datos meteorológicos
- Análisis de agua
- Análisis de suelo
- Catálogo de materiales de riego

3.2.4 MATERIAL BIOLÓGICO

En las áreas verdes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, podemos encontrar las siguientes especies de plantas ornamentales con sus respectivos nombres científicos especificados en los cuadros 9-14.

Cuadro 9. Plantas y arbustos de zonas áridas

Tipo de planta	Nombre Común	Especies
Arbustos y plantas de zonas áridas	Aloe vera, sábila, aloe medicinal	<i>Aloe vera</i> . Sin. <i>Aloe barbadensis</i>
	Bougainvilla	<i>Bougainvillea spectabilis</i>
	Penco bicolor	<i>sp.</i>
	Judíos errantes, amores de hombre	<i>Tradescantia pallida</i> . Sin. <i>Setcreasea purpurea</i>

	Peregrina, yuramira	<i>Jatropha intetropa integerrima</i> . Sins.
	C. orégano	<i>Portulaca</i>

Cuadro 10. Cítricos y frutales

Tipo de planta	Nombre Común	Especies
Cítricos y frutales	Almendro de la india	<i>Terminalia catappa</i>

Cuadro 11. Arbustos ornamentales

Tipo de planta	Nombre Común	Especies	
Arbustos ornamentales	Ciprés	<i>Cupressus arizonica glauca</i> <i>Podocarpus neriifolius</i>	
	Cordylinea	<i>Cordyline fruticosa</i> . Sin. <i>Cordyline terminalis</i>	
	Crotón	<i>Codiaeum variegatum</i>	
	Enana	<i>C. lawsoniana</i>	
	Ginger, jengibre rojo	<i>Alpinia purpurata</i>	
	Helecho espada	<i>Nephrolepis exaltata</i>	
	Heliconia	Caliguate, flor de loros.	<i>Heliconia psittacorum</i>
		Heliconia de cola de pescado	<i>Heliconia rostrata</i>
		Heliconia	<i>Heliconia stricta</i>
		Heliconia arco iris, heliconia de pascua	<i>Heliconia wagneriana</i>
	Ixora	Ixora	<i>Ixora chinensis</i>
		Coralilla, cruz de malta, ixora	<i>Ixora coccinea</i>
		Ixora	<i>Ixora Sunkist</i>
	Rosa, Rosas borbonianas	<i>sp.</i>	
	Sheflera	<i>sp.</i>	
	Yucca	<i>Y. filamentosa</i>	

Cuadro 12. Tapizantes, bancales de flores

Tipo de planta	Nombre Común	Especies
----------------	--------------	----------

Tapizantes, bancales de flores	Lantana, bandera española	<i>Lantana cámara</i>
--------------------------------	---------------------------	-----------------------

Cuadro 13. Árboles singulares

Tipo de planta	Nombre Común	Especies
Árboles singulares	Palmera de abanico de fidji	<i>Pritchardia pacifica</i>
	Palmera de algodón, washingtonia de california	<i>Washingtonia filifera</i> . <i>Sin. Washingtonia filamentosa</i>
	Palmera de cola de zorro	<i>Wodyetia bifurcata</i>
	Palmera datilera de Senegal	<i>Phoenix reclinata</i>
	Palma de navidad, palmera de manila	<i>Veitchia merrillii</i>
	Pinos australianos	<i>Casuarina australiana</i>
	Guayabo amarillo	<i>Psidium guajava</i>

Cuadro 14. Césped

Tipo de planta	Nombre Común	Especies
Césped	Americano	<i>sp.</i>
	Dicondra, orejita de ratón	<i>Dichondra micrantha</i>

3.3 METODOLOGÍA Y PARÁMETROS A CONSIDERAR

Para diseñar el sistema de riego de las áreas verdes en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, consideramos que el sector se encuentra en una zona de clima desértico árido, según la clasificación de Wladimir Köppen, para lo cual tomamos como referencia los datos de la Estación Meteorológica INAMHI-UPSE, además de los análisis de agua y suelo específicos de la Universidad; también se utilizaron los planos de red de agua potable y plano de las áreas verdes de dicho predio, elaborado por el Departamento de Obras Civiles de la UPSE.

3.3.1 PARÁMETRO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Basados en los datos de la Estación Meteorológica INAMHI-UPSE, recogidos durante los últimos nueve años, se realizó un promedio histórico de evaporación de todos los meses del año; resultando el mes de diciembre el de mayor

evaporación con un promedio de 5,7 mm/día. Para realizar el cálculo de consumo de agua hemos considerado el dato del tanque evaporímetro.

Promedios de los últimos nueve años de la estación meteorológica UPSE (2 001-2 009) en mm, según anexo 9. Cuadro N° 15.

Cuadro N° 15. Promedios del tanque evaporímetro tipo “A” de la estación meteorológica “Upse”

Meses	Promedios ETo (9 años) mm/mes	Coefficiente del tanque ($K_p = 0,7$) x ETo/mes	Promedio ETo (mm/día)
Enero	164,3	115,01	3,71
Febrero	140,56	98,39	3,51
Marzo	161,51	113,06	3,65
Abril	168	117,60	3,92
Mayo	150,35	105,25	3,40
Junio	115,5	80,85	2,70
Julio	83,7	58,59	1,89
Agosto	104,47	73,13	2,36
Septiembre	92,4	64,68	2,16
Octubre	100,44	70,31	2,27
Noviembre	108	75,60	2,52
Diciembre	176,7	123,69	*3,99

Fuente: Estación Meteorológica INAMHI-UPSE

* El mes de diciembre, es el mes de mayor evaporación del tanque con 3,99 mm/día \approx **4 mm/día**

3.3.2 PARÁMETRO DEL ANÁLISIS DE AGUA

La Universidad Estatal Península de Santa Elena, ha tomado muestras del agua potable que llega al Campus de la UPSE, proveniente de la red de agua de la Empresa “AGUAPEN”, las mismas que han sido analizadas por el Laboratorio de la Estación Experimental Boliche, INIAP, ésta información se encuentra en el anexo 4.

3.3.2.1 Interpretación del análisis de agua

Según la muestra de agua potable de la empresa proveedora para la Península de Santa Elena “AGUAPEN”, obtenemos agua con una conductibilidad eléctrica (C. E.) de 570 mcrmhos/cm, que mediante lo consultando en el diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego (figura 2), se encuentra dentro de una clasificación de excelente a buena.

Además según la Norma Riverside de la figura 3, el agua de riego destinada a las áreas verdes de la UPSE, corresponde al tipo C2 S1, indica que se trata de un agua de salinidad media, apta para el riego; puede ser necesario, en ciertas ocasiones, utilizar volúmenes de agua en exceso o especies tolerantes a la salinidad. También es un agua con bajo contenido en sodio.

Reunidos todos los datos obtenidos a partir de los distintos índices y normas, llegamos a la conclusión de que esta agua es buena para riego, utilizable en cualquier suelo y en todo tipo de cultivos sin ningún problema.

3.3.3 PARÁMETRO DEL ANÁLISIS DE SUELO

Otro parámetro importante a considerar es el análisis de suelo que se encuentra de manera más detallada en los anexos 5, 6, 7 y 8.

3.3.3.1 INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELO

Según el análisis de suelo realizado a los predios de la Universidad Estatal Península de Santa ubicado en La Libertad, con N° de muestra 26352, con fecha 18 de abril del 2 010 (anexo 6) clasifica al suelo de la UPSE–La Libertad como

Franco arenoso, con proporciones de arena 55, limo 35, arcilla 10. Además posee un potencial de hidrógeno (pH) de 7,8 ligeramente alcalino (anexo 7).

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

Para la realización del diseño de riego es necesario considerar el diseño agronómico, el diseño hidráulico y el diseño gráfico.

3.4.1 DISEÑO AGRONÓMICO

3.4.1.1 Especificación técnica del difusor

Presión de operación = de 20-50 PSI

Caudal = de 0,53 a 4,60 gal/min

3.4.1.2 Área a regar (m²)

El cuadro 16 describe los lugares y el área en m² a regar

Cuadro 16. Área de los sectores a regar

Sector	Área a regar (m ²)
Biología Marina	877,09
Edificio Administrativo de Ciencias Agrarias	640,23
Edificio de aulas de Ciencias Agrarias	758,78
Unidad de Prácticas de Hotelería y Turismo	236,56
Edificio de Post-grado	113,83
Museo "Megaterio"	81,6
Biblioteca	87,98
Edificio de aulas sector "I"	275,72
Edificio de aulas sector "U"	274,34
Edificio Administrativo # 1	239,96
Entrada parqueadero principal	93,16
Entrada principal	23,18
Estacionamiento de Administrativo # 3	145,45
Edificio de aulas # 1 de 2 plantas	572,69
Plaza Cívica	1 339,42
ÁREA TOTAL A REGAR	5 759,99

3.4.1.3 Cálculo del ETo por el método FAO PENMAN-MONTEITH

Datos:

$$R_n = 10,5 \text{ (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)}$$

$$G = 0,28 \text{ (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)}$$

$$T = 24,8 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$u_2 = 2,85 \text{ (m s}^{-1}\text{)}$$

$$e_s = 3,183 \text{ (kPa)}$$

$$e_a = 2,38 \text{ (kPa)}$$

$$e_s - e_a = 0,803 \text{ (kPa)}$$

$$\Delta = 0,187 \text{ (kPa }^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$$\gamma = 0,067 \text{ (kPa }^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$$E_{To} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$
$$E_{To} = \frac{0,408 \times 0,187 (10,5 - 0,28) + 0,067 \frac{900}{24,8 + 273} 2,85 (0,803)}{0,187 + 0,067 [1 + 0,34 (2,85)]}$$

$$E_{To} = 3,99 \text{ (mm día}^{-1}\text{)} \approx 4 \text{ (mm día}^{-1}\text{)}$$

3.4.1.4 Coeficiente de Cultivo (Kc)

Para encontrar el Kc de las plantas ornamentales que se encuentran en la UPSE, consideramos sus características y las clasificamos según el cuadro 7. El coeficiente especifica las necesidades de agua de determinadas plantas en relación al césped.

3.4.1.5 Presión de Agua (PSI)

Con el propósito de conocer las presiones en las bocatomas cercanas a las áreas verdes del Campus Universitario de la UPSE en La Libertad, se procede a colocar

en cada una de ellas, un manómetro y un tapón, al final de la llave de paso. Luego se abre el pase de agua para medir la presión dinámica, obteniendo las presiones en cada una de las bocatomas (cuadro 17), dando un promedio de 30 PSI.

3.4.1.6 Caudal (Q)

Para medir el caudal en cada una de las bocatomas, se procede a colocar un recipiente (con medida en litros) para recoger el agua que salga de la respectiva bocatoma, se abre la llave de pase de agua durante un minuto, (controlando con un cronómetro) e inmediatamente, transcurrido el minuto, se cierra la llave de pase de agua; entonces se mide la cantidad de agua recogida obteniendo de entre todas las bocatomas un promedio de 14,83 GPM (cuadro 17).

Cuadro 17. Presión y caudal de los sectores de la “Upse”

Sector	Presión (PSI)	Caudal (GPM)
Biología Marina	28,0	22,19
Edificio Administrativo de Ciencias Agrarias	31,5	11,62
	28,5	12,52
Edificio de aulas de Ciencias Agrarias	28,0	12,42
	30,0	12,62
Unidad de Prácticas de Hotelería y Turismo	30,0	29,01
Edificio de Post-grado	30,0	13,74
Museo “Megaterio”	29,0	11,62
Biblioteca	27,0	11,00
Edificio de aulas sector “I”	30,0	24,00
	30,0	24,04
Edificio de aulas sector “U”	32,5	23,20
Edificio Administrativo # 1	31,5	22,43
Entrada parqueadero principal	32,5	26,63
Entrada principal	29,0	12,31
Estacionamiento de Administrativo # 3	30,0	13,73
Edificio de aulas # 1 de 2 plantas	31,5	22,43
	32,5	23,30
Plaza cívica	30,5	14,41
	31,0	12,15
	31,0	16,91

	31,5	17,33
	30,0	13,03
	30	13,21

3.4.1.7 Necesidad diaria de consumo de agua de las especies ornamentales en la Universidad Estatal Península de Santa Elena

3.4.1.7.1 Determinación del promedio del (Kc) por sectores

Se realiza el promedio del coeficiente de cultivo identificando las especies que se encuentran en los jardines de los diferentes sectores de la UPSE. (Cuadros 18-32).

Cuadro 18. Kc de Biología Marina

Sector: Biología Marina	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Heliconia	0,70
Helecho	0,70
Lantana	0,80
Césped sembrado en toda la superficie	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 1. Nota aclaratoria: en este sector todo está sembrado de césped por lo tanto a pesar del promedio consideramos el Kc = 1	

Cuadro 19. Kc de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias

Sector: Edificio Administrativo de Ciencias Agrarias	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Palmera	0,70
Césped sembrado en toda la superficie	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 1, Nota aclaratoria: en este sector todo está sembrado de césped por lo tanto a pesar del promedio consideramos el Kc = 1	

Cuadro 20. Kc de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias

Sector: Edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Lantana	0,80
Ixora	0,70
Amancay	*
Heliconia	0,70
Bouganvilla	0,30
Crotón	0,70
Palmera	0,70

Césped	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0.70	

Cuadro 21. Kc de Unidad de Prácticas de Hotelería y Turismo

Sector: Unidad de Prácticas de Hotelería y Turismo	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Heliconia	0,70
Helecho	0,70
Judío errante	0,30
Portulaca	0,30
Penco bicolor	0,30
palmera	0,70
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,52	

Cuadro 22. Kc de edificio Post-grado

Sector: Edificio Post-grado	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Palmera	0,70
Césped sembrado en toda la superficie	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 1, Nota aclaratoria: en este sector todo está sembrado de césped por lo tanto a pesar del promedio consideramos el Kc = 1	

Cuadro 23. Kc de Museo “Megaterio”

Sector: Museo “Megaterio”	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Sheflera	0,70
Penco bicolor	0,30
Portulaca	0,30
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,50	

Cuadro 24. Kc de Biblioteca

Sector: Biblioteca	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Sheflera	0,70
Penco bicolor	0,30

Portulaca	0,30
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,50	

Cuadro 25. Kc de aulas "I"

Sector: Aulas "I"	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Palmera	0,70
Penco espinoso	0,30
Lantana	0,80
Bouganvilla	0,30
Cipres	0,70
Ficus	0,70
Césped sembrado en toda la superficie	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 1. Nota aclaratoria: en este sector todo está sembrado de césped por lo tanto a pesar del promedio consideramos el Kc = 1	

Cuadro 26. Kc de aulas "U"

Sector: Aulas "U"	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Palmeras	0,70
Césped sembrado en toda la superficie	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 1. Nota aclaratoria: en este sector todo está sembrado de césped por lo tanto a pesar del promedio consideramos el Kc = 1	

Cuadro 27. Kc de Administrativo # 1

Sector: Administrativo # 1	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Heliconia	0,70
Palmeras	0,70
Cipres	0,70
Ficus	0,80
Césped	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,76	

Cuadro 28. Kc de parqueadero entrada principal

Sector: Parqueadero Entrada Principal	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Amancay	*
Palmera	0,70

Ciprés	0,70
Ficus	0,70
Portulaca	0,30
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,60	

Cuadro 29. Kc de entrada principal

Sector: Entrada Principal	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Croton	0,70
Heliconia	0,70
Ixoras	0,70
Portulaca	0,30
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,60	

Cuadro 30. Kc de estacionamiento Administrativo # 3

Sector: Estacionamiento Administrativo # 3	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Croton	0,70
Sheflera	0,70
Penco bicolor	0,30
Palmera	0,70
Cipres	0,70
Ficus	0,70
Césped sembrado 50 %	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,81. Ponderamos un promedio del 50% para el césped por lo que $0,63 + 1 = 1,63$ por lo que $Kc = 0,81$	

Cuadro 31. Kc de edificio de aulas # 1 de 2 plantas

Sector: Edificio de Aulas # 1 de 2 plantas	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Heliconias	0,70
Crotón	0,70
Lantana	0,80
Amancay	*
Césped sembrado en toda la superficie	1,00
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 1 Nota aclaratoria: en este sector todo está sembrado de césped por lo tanto a pesar del promedio consideramos el $Kc = 1$	

Cuadro 32. Kc de Plaza Cívica

Sector: Plaza Cívica	
Especie	Coeficiente del cultivo (Kc)
Crotón	0,70
Arcancel	0,70

Amancay	*
Portulaca	0,30
Promedio del coeficiente del cultivo (Kc) del sector: 0,56	

*No se encuentra dato de Kc

3.4.1.8 Cálculo de ETc de las especies ornamentales en el mes de máximo ETo (diciembre)

Basándonos en los cuadros N° 18-32, donde calculamos el Kc en los diferentes sectores y el valor de ETo del mes más crítico (diciembre, cuadro 15) mediante el método FAO PENMAN-MONTEITH obtenemos el cuadro 33.

$$ETc = ETo \times Kc$$

Cuadro 33. Evapotranspiración de cultivo ETc. Mes de máxima demanda (diciembre)

Sector	ETo Diciembre (mm/día)	Kc	ETc = ETo x K (mm/día)
Biología Marina	4	1	4
Administrativo Ingeniería Agronómica	4	1	4
Edificio de Aulas de Ingeniería Agropecuaria	4	0,70	2,8
Unidad Práct. Hot. y Turismo	4	0,52	2,08
Edificio de Post-grado	4	1	4
Museo "Megaterio"	4	0,50	2
Biblioteca	4	0,50	2
Edificio de aulas sector "I"	4	1	4
Edificio de aulas sector "U"	4	1	4
Edificio Administrativo # 1	4	0,76	3,04
Entrada parqueadero principal	4	0,60	2,4
Entrada principal	4	0,60	2,4
Estacionamiento de Administrativo 3	4	0,81	3,24
Edificio de aulas # 1 de 2 plantas	4	1	4
Plaza cívica	4	0,56	2,24

3.4.1.9 Cálculo de la necesidad neta (Nn)

Una vez determinado el mes de mayor evapotranspiración, éste se multiplicó por el coeficiente promedio del jardín de mayor necesidad hídrica, uno de los cuales es el sector de aulas "I" ($K_c = 1$). Para efecto de modelo de cálculo se utilizó este sector.

$$N_n = E_{To} \times K_c$$

$$N_n = 4 \text{ mm / día} \times 1$$

$$\mathbf{N_n = 4 \text{ mm / día}}$$

3.4.1.10 Cálculo de la dosis neta (Dn)

Se calcula la Dosis neta, considerando la Capacidad Campo (C_c), el Punto de Marchitez (P_m), y la densidad aparente (d_a) del cuadro 2 que determina las propiedades físicas de los suelos. También se consideran los valores según la figura 1, correspondiente a los niveles de agotamiento permisible (NAP) de 0,6 para suelo Franco-Arenoso. Se estima una profundidad de raíz (z) de 300 mm porque la mayoría de las raíces en las especies ornamentales sembradas en los jardines de la UPSE se desarrollan a esa profundidad. Para el porcentaje de suelo mojado (P) se considera regar todo es decir 100 %, entonces (P)=1

Datos:

$$C_c = 14 (\%)$$

$$P_m = 6 (\%)$$

$$d_a = 1,5 \text{ g/cm}^3$$

$$NAP = 0,6$$

$$z = 300 \text{ mm}$$

$$P = 1$$

$$D_n = [(C_c - P_m) / 100] \times d_a \times NAP \times z \times P$$

$$D_n = [(14,0 - 6,0) / 100] \times 1,5 \times 0,6 \times 300 \times 1$$

$$D_n = 0,08 \times 1,5 \times 0,6 \times 300 \times 1$$

$$\mathbf{D_n = 21,6 \text{ mm.}}$$

3.4.1.11 Cálculo de la dosis de lavado (LR)

Con los datos del análisis de conductividad eléctrica de agua (CE_i), se considera un ajuste en la conductividad eléctrica de suelo de $CE_e=5,6$ dS/m para un rendimiento de 100 %, y una eficiencia de lavado $f = 0,85$ por la textura de franco-arenoso.

Datos:

$$CE_i = 0,57 \text{ (dS/m)}$$

$$CE_e = 5,6 \text{ (dS/m)}$$

$$f = 0,85$$

$$LR = CE_i / [(5 \times CE_e - CE_i) \times f]$$

$$LR = 0,57 / (5 \times 5,6 - 0,57) \times 0,85$$

$$LR = 0,0266$$

$$\mathbf{LR = 2,66 \%}$$

3.4.1.12 Cálculo de la necesidad bruta (Nb)

La aplicación del agua en los diferentes sectores se realizará con difusores, la eficiencia de aplicación del difusor (E_a), con espaciamiento cabeza con cabeza, puede fácilmente alcanzar un ochenta y cinco por ciento, $E_a=85$ %. En el cálculo de la dosis bruta (N_b), se incluye la necesidad neta (N_n) como también la necesidad de lavado (LR).

Datos:

$$N_n = 4 \text{ (mm/día)}$$

$$E_a = 0,85$$

$$LR = 0,0266$$

$$Nb = Nn/[Ea \times (1 - LR)]$$

$$Nb = 4/[0,85 \times (1 - 0,0266)]$$

$$\mathbf{Nb = 4,83 \text{ mm/día}}$$

3.4.1.13 Cálculo de la Dosis bruta (Db)

La Dosis bruta (Db) se la calcula con los parámetros de la Dosis neta (Dn), la eficiencia de aplicación del difusor (Ea), y la necesidad de lavado (LR).

Datos:

$$Dn = 21,6 \text{ (mm)}$$

$$Ea = 0,85$$

$$LR = 0,0266$$

$$Db = Dn/[Ea \times (1 - LR)]$$

$$Db = 21,6/[0,85 \times (1 - 0,0266)]$$

$$\mathbf{Db = 26,10 \text{ mm}}$$

3.4.1.14 Intervalo de riego (IR)

El intervalo de riego se calcula con la Dosis bruta (Db) y la Necesidad bruta (Nb), aplicando la siguiente fórmula:

Datos:

$$Db = 26,10 \text{ mm}$$

$$Nb = 4,83 \text{ mm/día}$$

$$IR = Db/Nb$$

$$IR = 26,10/4,83$$

$$\mathbf{IR = 5,39 \text{ días} \approx 5 \text{ días}}$$

3.4.1.15 Dosis bruta ajustada (Db_a)

Se lo determina con la Necesidad bruta (Nb) y el Intervalo de riego (IR) aplicando la fórmula:

Datos:

$$Nb = 4,83 \text{ (mm/día)}$$

$$IR = 5 \text{ días}$$

$$Dba = Nb \times IR$$

$$Dba = 4,83 \times 5$$

$$\mathbf{Dba = 24,17 \text{ mm}}$$

3.4.1.16 Días de la semana dedicados al riego

De los 7 de la semana, se emplearán 6 para riego de alta frecuencia, es decir 4,83mm/día, para lo cual se realiza la siguiente relación:

$$4,83 \text{ mm} \times 7 = 33,84 \text{ mm}$$

$$33,84 \text{ mm}/6 = 5,64 \text{ mm/día.}$$

La aplicación diaria durante los 6 días será de 5,64 mm/día.

También se puede aplicar en días festivos o de vacaciones obligatorias una lámina de 19,32 mm para un intervalo de 4 días.

3.4.1.17 Selección del difusor

El promedio de presiones es de 30 PSI en las bocatomas cercanas a los sectores a regar, por lo que se elige boquillas de difusores, ya que su rango de trabajo está entre 20 PSI y 30 PSI, considerando además una pérdida de carga en cada módulo de no más de 10 PSI.

Los difusores a considerar son los de la serie Provan que tienen alcances que van desde 2,4 m hasta 5,2 m de radio, y caudales desde 0,39 m³/h hasta 0,65 m³/h en círculo completo con una presión de 20 PSI.

3.4.1.18 Cálculo del tiempo de riego (TR)

Se determina el tiempo de riego con la Dosis bruta ajustada (Db_a) y la pluviometría del difusor (P), para efecto de este cálculo se toma como referencia el sector de Aulas "I", el cual es uno de los sectores de mayor demanda hídrica 24,17 mm; en este sector diseñamos con los aspersores de 2,4 m de radio de la serie Provan con una pluviometría promedio de 65,7 mm/h.

Datos:

$$Db_a = 24,17 \text{ (mm)}$$

$$P = 65,7 \text{ (mm/h)}$$

$$TR = Db_a/P$$

$$TR = 24,17 \text{ mm}/65,7 \text{ mm/h}$$

$$TR = 0,36 \text{ h; es decir } 21,6 \text{ min}$$

3.4.1.19 Cálculo de volumen de agua aplicada por sector (V) en m³

Se lo obtiene teniendo en cuenta las equivalencias de 1 mm = 10 m³/10 000 m², utilizando la necesidad bruta (Nb) = 4,83 mm/día y el área del sector de Biología Marina (cuadro 16) se realiza el siguiente cálculo

Datos:

$$Nb = 4,83 \text{ mm/día}$$

$$A = 877,09 \text{ m}^2$$

$$V = Nb \times A$$

$$V = 4,83 \times 10$$

$$V = (48,3 \text{ m}^3/10\,000 \text{ m}^2) \times 877,09 \text{ m}^2$$

$V = 4,23 \text{ m}^3$ de agua deben ser aplicados en el sector de Biología Marina.

En el cuadro 34 se describen los volúmenes de agua por sectores

Cuadro 34. Cálculo del volumen de agua por sectores

SECTOR	Nb (mm)	Área (m ²)	V (m ³)	Costo \$ 0,35/m ³
Biología Marina	4,83	877,09	4,23	1,48
Ingeniería Agronómica	4,83	640,23	2,56	0,90
Edificio de aulas de Ing. Agropecuaria	3,38	758,78	2,12	0,74
Unidad Práct. Hot. y Turismo	2,51	236,56	0,49	0,17
Edificio de Post-grado	4,83	113,83	0,46	0,16
Museo “Megaterio”	2,42	81,6	0,16	0,06
Biblioteca	2,42	87,98	0,18	0,06
Edificio de aulas sector “I”	4,83	275,72	1,10	0,39
Edificio de aulas sector “U”	4,83	274,34	1,10	0,38
Edificio Administrativo # 1	3,67	239,96	0,73	0,26
Entrada parqueadero principal	2,90	93,16	0,22	0,08
Entrada principal	2,90	23,18	0,06	0,02
Estacionamiento de Administrativo # 3	3,92	145,45	0,47	0,16
Edificio de aulas # 1 de 2 plantas	4,83	572,69	2,29	0,80
Plaza cívica	2,71	1 339,42	3,00	1,05

3.4.2 DISEÑO HIDRÁULICO

Para realizar el diseño hidráulico se considera el cuadro 16, donde señala las presiones y caudales de los sectores a considerar para los cálculos de la pérdida de carga en cada uno de los módulos propuestos.

Una condicionante importante para el cálculo de la pérdida de carga es determinar el número de Reynolds, el cual definirá el régimen del fluido dentro de la tubería.

3.4.2.1 Cálculo del Número de Reynolds

Caso #1: Cálculo del Número de Reynolds del tramo A-B, del módulo de la jardinera 7 y 8, del sector de aulas "I".

Datos:

$$\rho = 1\,000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$v = 0,088 \text{ (m/s)}$$

$$D = 0,022 \text{ (m)}$$

$$\mu = 0,001 \text{ (Kg/m x s)}$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1\,000 \times 0,088 \times 0,022}{0,001}$$

Re = 1 936 Régimen Laminar

Este número de Re (1 936) conduce a utilizar la ecuación de Darcy para régimen laminar que considera al coeficiente de fricción solo en función del número de Reynolds.

Caso#2: Cálculo del Número de Reynolds del tramo H-I, del módulo de la jardinera 2, del sector de Biología Marina.

Datos:

$$\rho = 1\,000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$v = 1,12 \text{ (m/s)}$$

$$D = 0,037 \text{ (m)}$$

$$\mu = 0,001 \text{ (Kg/m x s)}$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1\,000 \times 1,12 \times 0,037}{0,001}$$

Re = 41 440 Régimen Turbulento

En este caso la fórmula sugerida es la ecuación de Blassius o Colebrook que considera el factor f como función del número de Reynolds y de la rugosidad del material.

Esta dicotomía en el uso de las fórmulas en base al régimen, nos lleva a la ecuación de Hazen y William que no consideran el factor f como función del número de Reynolds, sino de un coeficiente según el material. Esta ecuación empírica se utilizó para el cálculo de la pérdida de carga

3.4.2.2 Cálculo de la pérdida de carga

Se realizó el cálculo de la pérdida de carga considerando la lateral de mayor longitud de cada módulo, puesto que las otras laterales quedan cubiertas por compensación.

En todos los módulos se calculó con tubería PVC con un coeficiente de rugosidad (C) de 150, la velocidad máxima para el diseño no sobrepasa los 2 m/s, calculando una pérdida de carga que nos permita trabajar con un mínimo de 20 PSI, que es la presión mínima para que funcione el sistema de difusores.

Para efecto de realizar el cálculo de pérdida de carga se utiliza el método de Hazen-Williams, con la siguiente fórmula:

$$h = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,871})] \cdot L$$

Cálculo de tramo inicial de módulo ubicado en Jardinería 1 y 2 del Sector "I"

Datos:

Caudal = 0,53 gpm = $3,346 \times 10^{-5}$ m

Factor C = 150 para PVC

Diámetro = 22 mm = 0,022 m

Longitud = 2,4 m

$$h = 10,674 \times \frac{Q^{1,8566}}{[C^{1,8566} \times D^{4,8655}]} \times L$$

$$h = 10,647 \times \left(\frac{3,346 \times 10^{-5}}{150} \right)^{1,8566} \times 0,022^{-4,8655} \times 2,4$$

$$h = 10,647 \times 4,80 \times 10^{-13} \times 116129471,66 \times 2,4$$

$$h = 1,4525 \times 10^{-3} \text{ mca} = 2,075 \times 10^{-3} \text{ psi}$$

3.4.2.2.1 Condición de diseño del módulo de mayor pérdida de carga

Módulo 1, de jardinería 1 y 5 del sector de Biología Marina:

No existe desnivel en los módulos

$$h = [(P_o/\gamma) - H_a] - (P_n/\gamma) \leq 20 \% (P_a/\gamma)$$

$$\text{Presión en el origen del ramal} \rightarrow (P_o/\gamma) = H_a + (P_n/\gamma) + h$$

$$\text{Presión mínima de un difusor en el ramal} \rightarrow (P_n/\gamma) = (P_a/\gamma) + (3h/4) + (H_a)$$

$$\text{Altura del aspersor sobre el terreno} \rightarrow H_a$$

$$\text{Presión nominal del difusor} \rightarrow (P_a/\gamma)$$

3.4.2.2.1.1 Cálculo de la presión mínima de un difusor en el ramal

Datos:

$$h = 2,77 \text{ (m)}$$

$$P_a/\gamma = 14,06 \text{ (m.c.a.)} = 20 \text{ PSI}$$

$$H_a = 0,2 \text{ (m)}$$

$$P_n/\gamma = (P_a/\gamma) + (3h/4) + (H_a)$$

$$P_n/\gamma = 14,06 + [(3 \times 2,77)/4] + 0,2$$

$$P_n/\gamma = 16,33 \text{ m.c.a.}$$

3.4.2.2.1.2 Cálculo de la presión en el origen del ramal

$$P_o/\gamma = H_a + (P_n/\gamma) + h$$

$$P_o/\gamma = 0,2 + 16,33 + 2,77$$

$$P_o/\gamma = 19,3 \text{ m. c. a.}$$

3.4.2.2.1.3 Cálculo de la condición del diseño

$$h = [(P_o/\gamma) - H_a] - (P_n/\gamma) \leq 20 \% (P_a/\gamma)$$

$$h = (19,3 - 0,2) - (16,33) \leq 0,2 (14,06)$$

$$h = 19,1 - 16,33 \leq 2,81$$

$h = 2,77 \leq 2,81$ Se cumple la condición de que la pérdida de carga debe ser menor o igual al 20 % de la presión nominal del difusor.

En los cuadros 35 – 104 se detalla la pérdida de carga por el método de Hazen-Williams.

Cuadro 35. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 1 y 5, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,4	5	150	22	0,232	0,018	0,026
B-C	2,8	4,7	150	22	0,465	0,063	0,089
C-D	4,2	5,82	150	22	0,697	0,164	0,235
D-E	8,4	2,91	150	22	1,394	0,298	0,425
E-F	9,6	3,77	150	22	1,593	0,494	0,706
F-G	10,5	3,35	150	29	1,000	0,14	0,19
G-H	12,76	1,47	150	29	1,219	0,085	0,122

H-I	14,09	2	150	29	1,346	0,139	0,199
I-J	16,35	2,75	150	29	1,562	0,253	0,361
J-K	17,68	4,7	150	29	1,689	0,499	0,713
K-L	18,43	4,38	150	29	1,760	0,502	0,718
Subtotal						2,64	3,77
Accesorios 5 %						0,13	0,19
Total						2,77	3,96

Cuadro 36. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 1 y 5, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,4	5,25	150	22	0,232	0,019	0,028
B-C	2,8	1,24	150	22	0,465	0,016	0,024
C-D	4,2	4,24	150	22	0,697	0,120	0,171
D-E	6,7	1,01	150	22	1,112	0,068	0,097
E-F	8,96	1,24	150	22	1,487	0,143	0,204
F-G	10,06	2,71	150	22	1,670	0,387	0,553
G-H	11,06	3,8	150	22	1,836	0,648	0,925
H-I	12,39	4,53	150	29	1,183	0,249	0,355
I-J	13,59	0,49	150	29	1,298	0,032	0,046
J-K	15,85	7,61	150	29	1,514	0,660	0,943
Subtotal						2,34	3,34
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,45	3,51

Cuadro 37. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 2, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	3,96	150	22	0,22	0,01	0,01
B-C	2,08	2,66	150	22	0,34	0,02	0,02
C-D	4,34	1,4	150	22	0,72	0,04	0,06
D-E	5,67	4	150	22	0,94	0,19	0,28
E-F	7	2,44	150	22	1,16	0,17	0,25
F-G	9,26	2,55	150	22	1,53	0,31	0,44
G-H	10,69	2,8	150	22	1,77	0,44	0,64
H-I	19,02	27,36	150	37	1,12	1,02	1,45
Subtotal						2,23	3,18
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,34	3,34

Cuadro 38. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 3, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	5	150	22	0,22	0,01	0,02
B-C	2,66	2,98	150	22	0,44	0,03	0,05
C-D	3,41	3,59	150	22	0,56	0,06	0,09
D-E	5,67	1,45	150	22	0,94	0,07	0,10

E-F	7	2,63	150	22	1,16	0,19	0,27
F-G	9,26	1,7	150	22	1,53	0,20	0,29
G-H	10,36	4,01	150	22	1,71	0,60	0,86
H-I	11,46	3,67	150	22	1,90	0,66	0,95
I-J	12,79	30,65	150	37	0,75	0,55	0,78
Subtotal						2,41	3,45
Accesorios 5 %						0,12	0,17
Total						2,53	3,62

Cuadro 39. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 3, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,2	4,44	150	22	0,19	0,01	0,01
B-C	2,3	3,46	150	22	0,38	0,03	0,04
C-D	3,4	0,69	150	22	0,56	0,01	0,01
D-E	5,66	2,04	150	22	0,93	0,10	0,14
E-F	7,92	1,8	150	22	1,31	0,16	0,23
F-G	10,18	0,23	150	22	1,69	0,03	0,04
G-H	11,28	2,77	150	29	1,08	0,13	0,18
H-I	12,38	2,8	150	29	1,18	0,15	0,21
I-J	13,48	29,37	150	29	1,28	1,88	2,69
Subtotal						2,52	4,12
Accesorios 5 %						0,13	0,18
Total						2,65	3,78

Cuadro 40. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 4, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1	3	150	22	0,16	0,00	0,00
B-C	2,13	4,46	150	22	0,35	0,03	0,05
C-D	4,03	5,2	150	22	0,66	0,13	0,19
D-E	5,43	5,72	150	22	0,90	0,26	0,37
E-F	6,78	5,58	150	22	1,12	0,38	0,54
F-G	8,18	6,66	150	22	1,35	0,64	0,92
G-H	10,13	0,39	150	22	1,68	0,05	0,08
H-I	12,98	32,15	150	37	0,76	0,59	0,84
Subtotal						2,11	3,02
Accesorios 5 %						0,11	0,15
Total						2,22	3,17

Cuadro 41. Pérdida de carga de Biología Marina, jardinera 4, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,35	5,21	150	22	0,22	0,01	0,02
B-C	2,85	5,83	150	22	0,47	0,08	0,11
C-D	3,98	1,81	150	22	0,66	0,04	0,06
D-E	4,98	2,38	150	22	0,82	0,09	0,13

E-F	6,96	3,08	150	22	1,15	0,22	0,31
F-G	9,46	3,42	150	22	1,57	0,43	0,62
G-H	14,46	2,33	150	29	1,38	0,17	0,24
H-I	16,96	41,28	150	37	1,00	1,24	1,77
Subtotal						2,31	3,29
Accesorios 5 %						0,12	0,16
Total						2,42	3,46

Cuadro 42. Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinería 1, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	3,77	150	22	0,37	0,03	0,04
B-C	3,06	1,64	150	22	0,50	0,02	0,03
C-D	4,39	2,16	150	22	0,72	0,06	0,09
D-E	6,37	2,32	150	22	1,05	0,14	0,20
E-F	7,12	6,15	150	22	1,18	0,46	0,66
F-G	7,92	6,7	150	22	1,31	0,61	0,87
Subtotal						1,34	1,92
Accesorios 5 %						0,06	0,09
Total						1,41	2,01

Cuadro 43. Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinería 2, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,25	6,54	150	22	0,20	0,01	0,02
B-C	3,15	8,37	150	22	0,52	0,13	0,19
C-D	4,4	6,69	150	22	0,73	0,20	0,29
D-E	6,3	7,26	150	22	1,04	0,43	0,62
E-F	8,2	6,25	150	22	1,36	0,61	0,87
F-G	9,12	2,02	150	22	1,51	0,24	0,34
Subtotal						1,65	2,35
Accesorios 5 %						0,08	0,11
Total						1,73	2,47

Cuadro 44. Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinería 2, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,9	4,05	150	22	0,48	0,05	0,08

B-C	5,8	0,82	150	22	0,96	0,04	0,06
C-D	8,7	3,96	150	22	1,44	0,43	0,61
D-E	11,6	13,08	150	29	1,11	0,64	0,91
Subtotal						1,17	1,67
Accesorios 5 %						0,06	0,08
Total						1,23	1,75

Cuadro 45. Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 2, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,9	8,84	150	22	0,31	0,05	0,08
B-C	3,15	5,66	150	22	0,52	0,09	0,13
C-D	4,48	3,93	150	22	0,74	0,12	0,17
D-E	5,98	6,66	150	22	0,99	0,36	0,51
E-F	7,58	3,9	150	22	1,25	0,33	0,47
F-G	8,38	5,34	150	22	1,39	0,54	0,77
G-H	9,13	1,7	150	22	1,51	0,20	0,29
Subtotal						1,71	2,45
Accesorios 5 %						0,08	0,12
Total						1,80	2,57

Cuadro 46. Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,9	6,37	150	22	0,31	0,04	0,05
B-C	3,8	6,61	150	22	0,63	0,15	0,22
C-D	5,1	4,99	150	22	0,84	0,20	0,28
D-E	8	1,65	150	22	1,32	0,15	0,22
E-F	9,9	6,69	150	22	1,64	0,92	1,32
F-G	11,1	1,84	150	22	1,84	0,31	0,45
Subtotal						1,79	2,56
Accesorios 5 %						0,08	0,12
Total						1,88	2,69

Cuadro 47. Pérdida de carga de edificio Administrativo de Ciencias Agrarias, jardinera 3, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1	6,38	150	22	0,16	0,01	0,01
B-C	2,9	6,31	150	22	0,48	0,09	0,12
C-D	4,4	5,34	150	22	0,73	0,16	0,23

D-E	5,6	1,51	150	22	0,92	0,07	0,10
E-F	9,36	3,91	150	22	1,55	0,48	0,69
F-G	10,26	3,39	150	22	1,70	0,50	0,71
Subtotal						1,33	1,90
Accesorios 5 %						0,06	0,09
Total						1,39	1,99

Cuadro 48. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,7	5,5	150	22	0,28	0,02	0,04
B-C	3,4	8,75	150	22	0,56	0,16	0,23
C-D	5,5	4,5	150	22	0,91	0,21	0,30
D-E	6,6	2,59	150	22	1,09	0,16	0,24
E-F	8,5	7,64	150	22	1,41	0,79	1,14
F-G	10,4	4,92	150	22	1,72	0,74	1,06
Subtotal						2,12	3,03
Accesorios 5 %						0,10	0,15
Total						2,22	3,18

Cuadro 49. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,9	8,76	150	22	0,48	0,12	0,17
B-C	5,8	0,98	150	22	0,96	0,05	0,07
C-D	8,7	4,27	150	22	1,44	0,46	0,66
D-E	11,6	6,6	150	22	1,92	1,22	1,75
Subtotal						1,87	2,67
Accesorios 5 %						0,09	0,13
Total						1,96	2,80

Cuadro 50. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinera 1, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,7	3,67	150	22	0,282	0,019	0,028
B-C	3,7	9,19	150	22	0,614	0,205	0,293
C-D	5,68	3	150	22	0,943	0,148	0,212

D-E	7,66	4,35	150	22	1,271	0,375	0,536
E-F	8,86	4,44	150	22	1,470	0,501	0,716
Subtotal						1,24	1,78
Accesorios 5 %						0,06	0,08
Total						1,31	1,87

Cuadro 51. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinería 2, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,9	5,1	150	22	0,315	0,033	0,047
B-C	3,1	5,09	150	22	0,514	0,082	0,117
C-D	5	5,2	150	22	0,830	0,203	0,290
D-E	6,9	2,24	150	22	1,145	0,159	0,227
E-F	10,86	2,95	150	22	1,802	0,486	0,694
F-G	10,96	15,21	150	29	1,047	0,665	0,950
Subtotal						1,62	2,32
Accesorios 5 %						0,08	0,11
Total						1,70	2,44

Cuadro 52. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinería 2, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,9	5,2	150	22	0,31	0,03	0,04
B-C	3,8	6,99	150	22	0,63	0,16	0,23
C-D	9,6	3,91	150	22	1,59	0,51	0,73
D-E	12,5	23,36	150	29	1,19	1,30	1,86
Subtotal						2,01	2,87
Accesorios 5 %						0,10	0,14
Total						2,11	3,02

Cuadro 53. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinería 3, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,98	2,38	150	22	0,329	0,017	0,024
B-C	3,96	3,1	150	22	0,657	0,078	0,112

C-D	6,22	2,98	150	22	1,032	0,174	0,249
D-E	7,35	19,71	150	29	0,702	0,410	0,586
Subtotal						0,67	0,97
Accesorios 5 %						0,03	0,04
Total						0,71	1,01

Cuadro 54. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinería 3, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,13	2,98	150	22	0,18	0,00	0,01
B-C	2,26	2,48	150	22	0,37	0,02	0,03
C-D	6,22	0,49	150	22	1,03	0,02	0,04
D-E	7,35	2,98	150	22	1,22	0,23	0,34
E-F	8,48	18	150	29	0,81	0,48	0,69
Subtotal						0,78	1,12
Accesorios 5 %						0,03	0,05
Total						0,82	1,17

Cuadro 55. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, jardinería 3, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,13	2,98	150	22	0,188	0,007	0,011
B-C	2,66	2,97	150	22	0,441	0,036	0,051
C-D	3,39	0,77	150	22	0,563	0,015	0,021
D-E	7,35	2,22	150	22	1,220	0,177	0,253
E-F	8,48	2,98	150	22	1,407	0,310	0,443
F-G	9,61	27,18	150	29	0,918	0,931	1,330
Subtotal						1,47	2,10
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,54	2,21

Cuadro 56. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, módulo combina jardinerías 4 y 6 con 7 y 9

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,75	2,46	150	22	0,124	0,003	0,004
B-C	1,38	2,42	150	22	0,229	0,009	0,012
C-D	2,01	2,44	150	22	0,334	0,018	0,025
D-E	2,81	2,47	150	22	0,466	0,033	0,047
E-F	3,68	1,71	150	22	0,611	0,038	0,054

F-G	7,84	5,42	150	22	1,301	0,488	0,697
G-H	8,59	21,84	150	29	0,820	0,607	0,868
Subtotal						1,19	1,70
Accesorios 5 %						0,05	0,08
Total						1,25	1,79

Cuadro 57. Pérdida de carga de edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias, módulo combina jardineras 5 y 7 con 8 y 10

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,75	2,46	150	22	0,12	0,00	0,00
B-C	0,87	2,42	150	22	0,14	0,00	0,00
C-D	2,01	2,44	150	22	0,33	0,01	0,02
D-E	2,81	2,47	150	22	0,46	0,03	0,04
E-F	3,68	1,71	150	22	0,61	0,03	0,05
F-G	6,27	5,42	150	22	1,04	0,32	0,46
G-H	8,59	45,01	150	29	0,82	1,25	1,78
Subtotal						1,66	2,38
Accesorios 5 %						0,08	0,11
Total						1,75	2,50

Cuadro 58. Pérdida de carga de Centro de Prácticas de Hotelería y Turismo, jardinera 1, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,47	2,4	150	22	0,07	0,00	0,00
B-C	1,34	2,4	150	22	0,22	0,00	0,01
C-D	2,21	2,4	150	22	0,36	0,02	0,02
D-E	3,08	2,4	150	22	0,51	0,03	0,05
E-F	3,9	2,4	150	22	0,64	0,05	0,08
F-G	4,82	0,3	150	22	0,80	0,01	0,01
G-H	7,9	2,2	150	22	1,31	0,20	0,28
H-I	13,99	17,5	150	29	1,33	1,20	1,71
Subtotal						1,54	2,20
Accesorios 5 %						0,07	0,11
Total						1,61	2,31

Cuadro 59. Pérdida de carga de Centro de Prácticas de Hotelería y Turismo, jardinera 2,3,4,5 y 6, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,47	2,91	150	22	0,07	0,00	0,00
B-C	1,34	2,91	150	22	0,22	0,01	0,01
C-D	2,21	2,93	150	22	0,36	0,02	0,03
D-E	3,08	2,88	150	22	0,51	0,04	0,06
E-F	3,95	0,35	150	22	0,65	0,00	0,01

F-G	7,02	2,2	150	22	1,16	0,16	0,23
G-H	13,98	18,45	150	29	1,33	1,26	1,81
Subtotal						1,51	2,17
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,59	2,27

Cuadro 60. Pérdida de carga de Centro de Prácticas de Hotelería y Turismo, jardinera 7, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,47	2,91	150	22	0,07	0,00	0,00
B-C	1,34	2,91	150	22	0,22	0,01	0,01
C-D	2,21	2,93	150	22	0,36	0,02	0,03
D-E	3,08	2,88	150	22	0,51	0,04	0,06
E-F	3,95	0,35	150	22	0,65	0,00	0,01
F-G	7,02	2,2	150	22	1,16	0,16	0,23
G-H	13,98	18,45	150	29	1,33	1,26	1,81
Subtotal						1,51	2,17
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,59	2,27

Cuadro 61. Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 1, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,72	2,4	150	22	0,28	0,01	0,01
B-C	2,59	2,46	150	22	0,43	0,02	0,04
C-D	3,46	2,46	150	22	0,57	0,04	0,06
D-E	6,05	2,46	150	22	1,00	0,13	0,19
E-F	8,64	34,98	150	29	0,82	0,98	1,40
Subtotal						1,20	1,72
Accesorios 5 %						0,06	0,08
Total						1,27	1,81

Cuadro 62. Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 1, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,4	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,4	2,33	150	22	0,23	0,00	0,01
C-D	2,27	2,46	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	4,86	2,46	150	22	0,80	0,09	0,13
E-F	5,73	2,46	150	22	0,95	0,12	0,17
F-G	6,6	2,46	150	22	1,09	0,16	0,23

G-H	7,13	2,4	150	22	1,18	0,18	0,25
H-I	8	35,9	150	29	0,76	0,87	1,25
Subtotal						1,46	2,09
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,53	2,19

Cuadro 63. Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 2, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,72	2,4	150	22	0,28	0,01	0,01
B-C	2,59	2,46	150	22	0,43	0,02	0,04
C-D	3,46	2,46	150	22	0,57	0,04	0,06
D-E	6,05	2,46	150	22	1,00	0,13	0,19
E-F	8,64	34,98	150	29	0,82	0,98	1,40
Subtotal						1,20	1,72
Accesorios 5 %						0,06	0,08
Total						1,27	1,81

Cuadro 64. Pérdida de carga de Post-grado, jardinera 2, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,4	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,4	2,33	150	22	0,23	0,00	0,01
C-D	2,27	2,46	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	4,86	2,46	150	22	0,80	0,09	0,13
E-F	5,73	2,46	150	22	0,95	0,12	0,17
F-G	6,6	2,46	150	22	1,09	0,16	0,23
G-H	7,13	2,4	150	22	1,18	0,18	0,25
H-I	8	35,9	150	29	0,76	0,87	1,25
Subtotal						1,46	2,09
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,53	2,19

Cuadro 65. Pérdida de carga de Museo “Megaterio”, jardinera 1, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,66	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,74	2,56	150	22	0,28	0,01	0,02
C-D	4,01	3,31	150	22	0,66	0,08	0,12

D-E	5,7	1,35	150	22	0,94	0,06	0,09
E-F	10,87	8,29	150	22	1,80	1,36	1,95
Subtotal						1,53	2,19
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,61	2,30

Cuadro 66. Pérdida de carga de Museo “Megaterio”, jardinera 2, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,66	150	22	0,144	0,004	0,006
B-C	1,74	2,56	150	22	0,289	0,014	0,020
C-D	4,01	3,31	150	22	0,666	0,086	0,123
D-E	5,73	1,12	150	22	0,951	0,056	0,080
E-F	10,87	25,75	150	29	1,04	1,11	1,58
Subtotal						1,27	1,81
Accesorios 5 %						0,06	0,09
Total						1,33	1,9

Cuadro 67. Pérdida de carga de Biblioteca, jardinera 1, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,83	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,74	2,83	150	22	0,28	0,01	0,02
C-D	4,01	3,49	150	22	0,66	0,09	0,12
D-E	5,73	1,66	150	22	0,95	0,08	0,11
E-F	10,87	8,16	150	22	1,80	1,34	1,92
Subtotal						1,54	2,20
Accesorios 5 %						0,07	0,11
Total						1,61	2,31

Cuadro 68. Pérdida de carga de Biblioteca, jardinera 2, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,83	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,74	2,82	150	22	0,28	0,01	0,02
C-D	4,01	3,57	150	22	0,66	0,09	0,13
D-E	5,73	1,58	150	22	0,95	0,07	0,11

E-F	10,87	29,27	150	29	1,04	1,26	1,8
Subtotal						1,45	2,07
Accesorios 5 %						0,07	0,1
Total						1,52	2,18

Cuadro 69. Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 1 y 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,53	2,4	150	22	0,08	0,00	0,00
B-C	1,4	2,4	150	22	0,23	0,00	0,01
C-D	2,27	2,4	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	3,14	2,4	150	22	0,52	0,04	0,05
E-F	4,01	2,4	150	22	0,66	0,06	0,08
F-G	4,88	2,4	150	22	0,81	0,09	0,12
G-H	5,75	2,4	150	22	0,95	0,12	0,17
H-I	6,28	1,14	150	22	1,04	0,06	0,09
I-J	12,56	3,8	150	29	1,20	0,21	0,30
J-K	20,58	2,9	150	29	1,96	0,40	0,58
Subtotal						1,03	1,47
Accesorios 5 %						0,05	0,07
Total						1,08	1,55

Cuadro 70. Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 3 y 4

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,53	2,4	150	22	0,08	0,00	0,00
B-C	1,4	2,4	150	22	0,23	0,00	0,01
C-D	2,27	2,4	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	3,14	2,4	150	22	0,52	0,04	0,05
E-F	4,01	2,4	150	22	0,66	0,06	0,08
F-G	4,88	2,4	150	22	0,81	0,09	0,12
G-H	5,75	2,4	150	22	0,95	0,12	0,17
H-I	6,28	1,15	150	22	1,04	0,06	0,09
I-J	12,56	3,8	150	29	1,20	0,21	0,30

J-K	20,58	8,45	150	29	1,96	1,19	1,70
Subtotal						1,81	2,59
Accesorios 5 %						0,09	0,12
Total						1,90	2,72

Cuadro 71. Pérdida de carga de aulas “I”, módulo combina las jardineras 5 y 6

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,53	2,4	150	22	0,08	0,00	0,00
B-C	1,4	2,4	150	22	0,23	0,00	0,01
C-D	2,27	2,4	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	3,14	2,4	150	22	0,52	0,04	0,05
E-F	4,01	2,4	150	22	0,66	0,06	0,08
F-G	4,88	2,4	150	22	0,81	0,09	0,12
G-H	5,75	2,4	150	22	0,95	0,12	0,17
H-I	6,28	1,15	150	22	1,04	0,06	0,09
I-J	12,56	1,95	150	29	1,20	0,11	0,15
J-K	20,58	1,97	150	29	1,96	0,27	0,39
Subtotal						0,80	1,14
Accesorios 5 %						0,04	0,05
Total						0,84	1,20

Cuadro 72. Pérdida de carga de Aulas “I”, módulo combina las jardineras 7 y 8

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,53	2,4	150	22	0,08	0,00	0,00
B-C	1,4	2,4	150	22	0,23	0,00	0,01
C-D	2,27	2,4	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	3,14	2,4	150	22	0,52	0,04	0,05
E-F	4,01	2,4	150	22	0,66	0,06	0,08
F-G	4,88	2,4	150	22	0,81	0,09	0,12
G-H	5,75	2,4	150	22	0,95	0,12	0,17
H-I	6,28	1,2	150	22	1,04	0,07	0,10
I-J	12,56	2,31	150	29	1,20	0,13	0,18

J-K	20,58	7,66	150	29	1,96	1,07	1,54
Subtotal						1,62	2,32
Accesorios 5 %						0,08	0,11
Total						1,70	2,43

Cuadro 73. Pérdida de carga de aulas “U”, jardinera 1, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,75	3,6	150	22	0,12	0,00	0,00
B-C	2,08	3,6	150	22	0,34	0,02	0,03
C-D	3,41	5,63	150	22	0,56	0,10	0,15
D-E	6,82	6,08	150	22	1,13	0,42	0,60
E-F	11,66	5,2	150	22	1,93	0,97	1,39
F-G	13,56	5,2	150	29	1,29	0,33	0,48
G-H	15,46	5,2	150	29	1,47	0,43	0,61
H-I	17,16	2,93	150	29	1,63	0,29	0,42
Subtotal						2,60	3,71
Accesorios 5 %						0,13	0,18
Total						2,73	3,90

Cuadro 74. Pérdida de carga de aulas “U”, jardinera 1, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,9	5,2	150	22	0,31	0,03	0,04
B-C	3,8	5,2	150	22	0,63	0,12	0,17
C-D	5,7	5,19	150	22	0,94	0,25	0,36
D-E	7,6	5,2	150	22	1,26	0,44	0,63
E-F	8,8	5,21	150	22	1,46	0,58	0,83
F-G	10,7	0,77	150	22	1,77	0,12	0,17
G-H	16,2	4,39	150	29	1,54	0,39	0,56
H-I	17,4	2,98	150	29	1,66	0,30	0,43
Subtotal						2,26	3,23
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,37	3,39

Cuadro 75. Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, módulo combina las jardineras 1, 2 y 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,87	2,41	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,47	2,56	150	22	0,24	0,01	0,01
C-D	4,06	2,59	150	22	0,67	0,07	0,09
D-E	4,59	2,41	150	22	0,76	0,08	0,11
E-F	7,39	4,69	150	22	1,22	0,38	0,54
F-G	7,78	3,48	150	22	1,29	0,31	0,44
G-H	9,49	7,46	150	29	0,91	0,25	1,36
H-I	11,09	2,73	150	29	1,06	0,12	0,17

I-J	11,59	22,04	150	29	1,11	1,06	1,53
Subtotal						2,29	3,27
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,40	3,44

Cuadro 76. Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, jardinera 4, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,85	3	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,7	3,2	150	22	0,28	0,01	0,02
C-D	2,55	3,5	150	22	0,42	0,03	0,05
D-E	3,68	2,19	150	22	0,61	0,04	0,06
E-F	5,43	2,66	150	22	0,90	0,12	0,17
F-G	8,78	30,47	150	29	0,83	0,88	1,26
Subtotal						1,11	1,58
Accesorios 5 %						0,05	0,07
Total						1,16	1,66

Cuadro 77. Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, jardinera 4, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,13	3,47	150	22	0,18	0,00	0,01
B-C	2,26	0,47	150	22	0,37	0,00	0,00
C-D	2,88	2,2	150	22	0,47	0,03	0,04
D-E	7,95	1,76	150	22	1,31	0,16	0,23
E-F	9,67	4,96	150	29	0,92	0,17	0,25
F-G	11,65	38,67	150	29	1,11	1,89	2,70
Subtotal						2,27	3,24
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,38	3,41

Cuadro 78. Pérdida de carga de edificio Administrativo # 1, módulo 1 combina las jardineras 5 y 6

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,13	3	150	22	0,18	0,00	0,01
B-C	2,26	3	150	22	0,37	0,02	0,03
C-D	2,88	2,89	150	22	0,47	0,04	0,05
D-E	5,76	0,15	150	22	0,95	0,00	0,01

E-F	10,4	31,7	150	29	0,99	1,25	1,79
Subtotal						1,33	1,91
Accesorios 5 %						0,06	0,09
Total						1,40	2,00

Cuadro 79. Pérdida de carga de Administrativo # 1, jardinera 5, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,62	3	150	22	0,10	0,00	0,00
B-C	1,75	3	150	22	0,29	0,01	0,02
C-D	2,26	2,89	150	22	0,37	0,02	0,03
D-E	4,58	0,15	150	22	0,76	0,00	0,00
E-F	10,9	57,67	150	29	1,04	2,49	3,56
Subtotal						2,54	3,63
Accesorios 5 %						0,12	0,18
Total						2,67	3,81

Cuadro 80. Pérdida de carga de entrada parqueadero principal, jardinera 1 y 2, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,6	3,07	150	22	0,10	0,00	0,00
B-C	1,47	2,5	150	22	0,24	0,01	0,01
C-D	2,34	2,4	150	22	0,38	0,02	0,03
D-E	3,21	2,39	150	22	0,53	0,04	0,05
E-F	3,76	2,45	150	22	0,62	0,05	0,08
F-G	4,63	3,12	150	22	0,76	0,10	0,15
G-H	9,9	5,96	150	22	1,64	0,82	1,18
H-I	10,62	2,91	150	22	1,76	0,46	0,65
I-J	19,85	1,88	150	29	1,89	0,24	0,35
Subtotal						1,77	2,53
Accesorios 5 %						0,08	0,12
Total						1,86	2,65

Cuadro 81. Pérdida de carga de entrada principal, jardinera 1 y 2, módulo único

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,6	5,22	150	22	0,10	0,00	0,00
B-C	1,2	3,35	150	22	0,19	0,00	0,01
C-D	2,26	12,11	150	22	0,37	0,10	0,15
D-E	2,79	2,79	150	22	0,46	0,03	0,05

E-F	4,52	10,66	150	22	0,75	0,34	0,49
Subtotal						0,50	0,71
Accesorios 5 %						0,02	0,03
Total						0,52	0,75

Cuadro 82. Pérdida de carga de Administrativo # 3, jardinera 1 y 2, módulo 1 combina jardinera 1 y parte de jardinera 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,85	5,14	150	22	0,14	0,00	0,01
B-C	1,72	4,41	150	22	0,28	0,02	0,03
C-D	3,05	3,89	150	22	0,50	0,06	0,08
D-E	4,38	3,91	150	22	0,72	0,11	0,17
E-F	5,71	3,9	150	22	0,94	0,19	0,27
F-G	7,04	3,79	150	22	1,16	0,27	0,39
G-H	7,74	7,21	150	22	1,28	0,63	0,90
H-I	8,49	3,6	150	22	1,40	0,37	0,53
I-J	9,82	3,49	150	22	1,63	0,47	0,68
J-K	13,4	1,97	150	29	1,28	0,12	0,17
Subtotal						2,29	3,28
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,41	3,44

Cuadro 83. Pérdida de carga de Administrativo # 3, jardinera 2, módulo 2 riega parte de jardinera 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,85	3,1	150	22	0,14	0,00	0,00
B-C	1,72	2,4	150	22	0,28	0,01	0,01
C-D	2,59	3,6	150	22	0,43	0,04	0,05
D-E	3,92	3,7	150	22	0,65	0,09	0,13
E-F	5,25	3,7	150	22	0,87	0,15	0,22
F-G	6,58	1,23	150	22	1,09	0,08	0,11
G-H	8,84	2,47	150	22	1,46	0,27	0,39
H-I	10,17	3,6	150	22	1,68	0,52	0,75

I-J	12,25	5,16	150	29	1,17	0,27	0,39
Subtotal						1,46	2,09
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,54	2,20

Cuadro 84. Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 1, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	4,58	150	22	0,37	0,04	0,05
B-C	4,11	3,25	150	22	0,68	0,08	0,12
C-D	4,91	4,16	150	22	0,81	0,15	0,22
D-E	6,24	4,16	150	22	1,03	0,24	0,35
E-F	6,99	4,36	150	22	1,16	0,31	0,45
F-G	8,32	4,36	150	22	1,38	0,43	0,62
G-H	9,65	2,62	150	22	1,60	0,34	0,49
H-I	16,92	3,9	150	29	1,61	0,38	0,54
I-J	21,44	1,01	150	29	2,04	0,15	0,21
Subtotal						2,16	3,09
Accesorios 5 %						0,10	0,15
Total						2,27	3,25

Cuadro 85. Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 1, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	5,05	150	22	0,22	0,01	0,02
B-C	1,88	3,66	150	22	0,31	0,02	0,03
C-D	3,21	3,66	150	22	0,53	0,06	0,09
D-E	4,54	1,4	150	22	0,75	0,04	0,06
E-F	6,94	3,15	150	22	1,15	0,22	0,32
F-G	9,2	0,6	150	22	1,52	0,07	0,10
G-H	11,46	1,98	150	22	1,90	0,36	0,51
H-I	13,76	1,46	150	29	1,31	0,09	0,13
I-J	15,98	3,42	150	29	1,52	0,30	0,43
J-K	18,24	0,85	150	29	1,74	0,09	0,13

K-L	20,5	2,93	150	29	1,95	0,41	0,58
Subtotal						1,71	2,44
Accesorios 5 %						0,08	0,12
Total						1,79	2,56

Cuadro 86. Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 2, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	4,12	150	22	0,22	0,01	0,02
B-C	2,66	4,07	150	22	0,44	0,04	0,07
C-D	3,46	4,15	150	22	0,57	0,08	0,11
D-E	4,79	4,15	150	22	0,79	0,15	0,21
E-F	6,12	4,13	150	22	1,01	0,23	0,33
F-G	6,87	4,33	150	22	1,14	0,30	0,43
G-H	8,2	1,68	150	22	1,36	0,16	0,23
H-I	19,5	2,64	150	29	1,86	0,33	0,48
I-J	20,83	3,55	150	29	1,99	0,51	0,73
Subtotal						1,84	2,63
Accesorios 5 %						0,09	0,13
Total						1,93	2,76

Cuadro 87. Pérdida de carga de edificio de aulas # 1 de 2 plantas, jardinera 2, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,2	3,36	150	22	0,19	0,00	0,01
B-C	2,4	3,34	150	22	0,39	0,03	0,04
C-D	3,6	4,39	150	22	0,59	0,09	0,13
D-E	4,93	4,41	150	22	0,81	0,16	0,24
E-F	6,26	4,41	150	22	1,03	0,26	0,37
F-G	6,96	4,09	150	22	1,15	0,29	0,42
G-H	8,29	2,74	150	22	1,37	0,27	0,39
H-I	19,59	1,58	150	29	1,87	0,20	0,29
I-J	20,92	0,77	150	29	1,99	0,11	0,16
Subtotal						1,44	2,06
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,52	2,17

Cuadro 88. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 1, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,75	4,27	150	22	0,12	0,00	0,00
B-C	2,08	4,36	150	22	0,34	0,03	0,04
C-D	5,67	4,28	150	22	0,94	0,21	0,30
D-E	6,42	2,86	150	22	1,06	0,17	0,25
E-F	7,75	3,33	150	22	1,28	0,29	0,41
F-G	9,08	3,32	150	22	1,50	0,39	0,56

G-H	10,41	24,3	150	29	0,99	0,96	1,37
Subtotal						2,07	2,96
Accesorios 5 %						0,10	0,14
Total						2,18	3,11

Cuadro 89. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 1, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	3,3	150	22	0,37	0,02	0,04
B-C	4,52	3,51	150	22	0,75	0,11	0,16
C-D	6,78	0,45	150	22	1,12	0,03	0,04
D-E	9,04	25,96	150	29	0,86	0,79	1,13
Subtotal						0,97	1,38
Accesorios 5 %						0,05	0,07
Total						1,02	1,45

Cuadro 90. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 1, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	3,6	150	22	0,22	0,01	0,01
B-C	2,66	3	150	22	0,44	0,03	0,05
C-D	4,92	0,59	150	22	0,81	0,02	0,03
D-E	6,25	3,51	150	22	1,03	0,20	0,29
E-F	7	3,13	150	22	1,16	0,22	0,32
F-G	8,33	3,38	150	22	1,38	0,34	0,48
G-H	9,66	3,33	150	22	1,60	0,44	0,63
H-I	10,76	23,31	150	29	1,02	0,98	1,40
Subtotal						2,27	3,24
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,38	3,40

Cuadro 91. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 2, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	4,43	150	22	0,22	0,01	0,02
B-C	2,66	4,42	150	22	0,44	0,05	0,07
C-D	3,99	4,33	150	22	0,66	0,11	0,15
D-E	4,74	4,21	150	22	0,78	0,14	0,21
E-F	6,07	4,18	150	22	1,00	0,23	0,33
F-G	7,17	0,4	150	22	1,19	0,03	0,04

G-H	10,93	19,84	150	29	1,04	0,86	1,23
Subtotal						1,46	2,08
Accesorios 5 %						0,07	0,1
Total						1,53	2,18

Cuadro 92. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 2, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	2,34	150	22	0,37	0,02	0,03
B-C	4,52	2,34	150	22	0,75	0,07	0,10
C-D	6,78	4,68	150	22	1,12	0,32	0,45
D-E	9,04	3,83	150	22	1,50	0,44	0,64
E-F	11,12	8,7	150	22	1,84	1,49	2,14
Subtotal						2,36	3,37
Accesorios 5 %						0,11	0,16
Total						2,48	3,54

Cuadro 93. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 2, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	2,41	150	22	0,37	0,02	0,03
B-C	4,52	2,45	150	22	0,75	0,07	0,11
C-D	6,78	1,51	150	22	1,12	0,10	0,14
D-E	9,04	3,87	150	22	1,50	0,45	0,64
E-F	11,37	3,57	150	22	1,88	0,64	0,91
Subtotal						1,29	1,85
Accesorios 5 %						0,06	0,09
Total						1,36	1,94

Cuadro 94. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 3, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	3,6	150	22	0,22	0,01	0,01
B-C	2,66	3,57	150	22	0,44	0,04	0,06
C-D	3,99	3,49	150	22	0,66	0,09	0,12
D-E	4,74	3,92	150	22	0,78	0,13	0,19
E-F	7	0,56	150	22	1,16	0,04	0,05
F-G	8,33	4,58	150	22	1,38	0,46	0,65
G-H	9,43	3,25	150	22	1,56	0,41	0,58

H-I	10,53	2,18	150	22	1,74	0,33	0,48
Subtotal						1,53	2,19
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,61	2,30

Cuadro 95. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 3, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	3,6	150	22	0,37	0,03	0,04
B-C	4,52	3,57	150	22	0,75	0,11	0,16
C-D	6,78	3,49	150	22	1,12	0,24	0,34
Subtotal						0,38	0,55
Accesorios 5 %						0,01	0,02
Total						0,40	0,58

Cuadro 96. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 3, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,75	4,49	150	22	0,12	0,00	0,00
B-C	2,08	4,48	150	22	0,34	0,03	0,04
C-D	3,41	0,47	150	22	0,56	0,00	0,01
D-E	5,67	3,9	150	22	0,94	0,19	0,27
E-F	6,42	4,64	150	22	1,06	0,28	0,41
F-G	7,75	4,72	150	22	1,28	0,41	0,59
G-H	8,85	2,4	150	22	1,46	0,27	0,38
Subtotal						1,21	1,73
Accesorios 5 %						0,60	0,08
Total						1,27	1,82

Cuadro 97. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 4, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	0,75	4,34	150	22	0,124	0,00	0,00
B-C	2,08	4,34	150	22	0,345	0,03	0,04
C-D	5,67	4,34	150	22	0,941	0,21	0,30
D-E	7	4,36	150	22	1,162	0,31	0,45
E-F	7,75	4,59	150	22	1,286	0,40	0,57

F-G	9,08	3,74	150	22	1,507	0,44	0,63
Subtotal						1,41	2,02
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,48	2,12

Cuadro 98. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 4, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	2,22	150	22	0,22	0,00	0,01
B-C	2,66	3,9	150	22	0,44	0,04	0,06
C-D	7,18	9,02	150	22	1,19	0,68	0,98
D-E	9,44	2,63	150	22	1,56	0,33	0,47
Subtotal						1,07	1,54
Accesorios 5 %						0,05	0,07
Total						1,13	1,61

Cuadro 99. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 4, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,1	3,44	150	22	0,18	0,00	0,01
B-C	2,43	2,72	150	22	0,40	0,02	0,04
C-D	4,69	2,11	150	22	0,77	0,07	0,10
D-E	6,02	1,88	150	22	0,99	0,10	0,14
E-F	8,28	2,88	150	22	1,37	0,28	0,41
F-G	9,08	4,51	150	22	1,50	0,53	0,76
G-H	10,41	2,9	150	22	1,72	0,44	0,63
Subtotal						1,47	2,10
Accesorios 5 %						0,07	0,10
Total						1,54	2,21

Cuadro 100. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 5, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,98	2,88	150	22	0,32	0,02	0,02
B-C	3,96	3,6	150	22	0,65	0,09	0,13
C-D	5,29	4,01	150	22	0,87	0,17	0,24
D-E	6,09	4,88	150	22	1,01	0,27	0,39
E-F	7,42	4,66	150	22	1,23	0,37	0,54
F-G	13,5	0,31	150	29	1,28	0,02	0,02

Subtotal	0,95	1,36
Accesorios 5 %	0,04	0,06
Total	1,00	1,43

Cuadro 101. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 5, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,98	2,59	150	22	0,32	0,01	0,02
B-C	3,96	3,49	150	22	0,65	0,08	0,12
C-D	5,94	2,41	150	22	0,98	0,13	0,18
D-E	9,9	3,6	150	22	1,64	0,50	0,71
E-F	13,89	4,1	150	29	1,32	0,27	0,39
F-G	15,22	4,07	150	29	1,45	0,32	0,46
G-H	15,97	5,32	150	29	1,52	0,46	0,66
Subtotal						1,80	2,58
Accesorios 5 %						0,09	0,12
Total						1,89	2,71

Cuadro 102. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 5, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	4,85	150	22	0,22	0,01	0,02
B-C	2,08	4,01	150	22	0,34	0,03	0,04
C-D	3,41	3,01	150	22	0,56	0,05	0,08
D-E	7,4	0,06	150	22	1,22	0,00	0,00
E-F	13,34	17,17	150	29	1,27	1,08	1,54
Subtotal						1,19	1,70
Accesorios 5 %						0,05	0,08
Total						1,24	1,78

Cuadro 103. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 1

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	4,03	150	22	0,22	0,01	0,01
B-C	2,66	4,03	150	22	0,44	0,04	0,07
C-D	3,99	4,03	150	22	0,66	0,10	0,14
D-E	4,69	4,46	150	22	0,77	0,15	0,22
E-F	6,02	2,99	150	22	0,99	0,16	0,23
F-G	11,1	3,32	150	22	1,84	0,57	0,81

Subtotal	1,05	1,50
Accesorios 5 %	0,05	0,07
Total	1,10	1,58

Cuadro 104. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 2

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	3,15	150	22	0,37	0,02	0,04
B-C	4,52	2,5	150	22	0,75	0,08	0,11
C-D	6,78	0,39	150	22	1,12	0,02	0,03
D-E	9,04	4,06	150	22	1,50	0,47	0,68
Subtotal						0,61	0,87
Accesorios 5 %						0,03	0,04
Total						0,64	0,91

Cuadro 105. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 3

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	2,26	3,48	150	22	0,37	0,03	0,04
B-C	4,52	3,17	150	22	0,75	0,10	0,14
C-D	6,78	7,67	150	22	1,12	0,52	0,75
Subtotal						0,66	0,94
Accesorios 5 %						0,03	0,04
Total						0,69	0,99

Cuadro 106. Pérdida de carga de Plaza Cívica, jardinera 6, módulo 4

Tramo	Caudal (GPM)	Long (m)	Rugosid (C)	Ø interno (mm)	Velocid (m/s)	Pérdida (m)	Pérdida (PSI)
A-B	1,33	4,03	150	22	0,22	0,01	0,01
B-C	2,66	4,03	150	22	0,44	0,04	0,07
C-D	3,41	4,55	150	22	0,56	0,08	0,12
D-E	4,74	2,27	150	22	0,78	0,08	0,11
E-F	9,48	0,1	150	22	1,57	0,01	0,01
F-G	16,26	7,39	150	29	1,55	0,67	0,96
Subtotal						0,91	1,30
Accesorios 5 %						0,04	0,06
Total						0,96	1,37

3.4.3 DISEÑO GRÁFICO

Para la realización del diseño gráfico, utilizamos el programa autocad 2 009, que nos permite diseñar de formas exacta y precisa la disposición y distanciamiento de los difusores y su virtual cobertura o radio de mojado. El diseño gráfico se realizó en base a los planos de áreas verdes y agua potable proporcionados por el Departamento de Obras Civiles de la Universidad, del año 2 008.

3.4.3.1 Ubicación de los difusores

Los difusores que se consideraron son de 2,4 m de radio (8 pulg.); 3,0 m (10 pulg.); 3,6 m (12 pulg) 4,6 m (15 pulg.) y 5,2 (17 pulg). Se los ubicó de tal manera que haya un traslape adecuado entre el 50 % y el 40 %.

3.4.3.2 Procedimiento a tomar en cuenta en la ubicación de los difusores

Paso 1. Los puntos críticos en un plano son las esquinas. Se coloca el difusor con una configuración de un cuarto en cada esquina.

Paso 2. Se ubica los difusores a lo largo de los perímetros.

Paso 3. Se considera que los difusores del perímetro deben rociar a través del área a los difusores del otro lado. Por el contrario si no lo hacen, se añaden difusores de círculo completo en el medio. Un modo sencillo de ubicar estos difusores es dibujando líneas perpendiculares desde un difusor del perímetro al otro. Nuevamente, se ubican los difusores en el perímetro interior para asegurarse de que haya cobertura completa.

3.4.3.3 Diseño gráfico de los módulos por sectores

Los planos elaborados que se presentan a continuación, se han diseñado a escala 1:150.

3.4.4 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Valores en dólares americanos: **14 255,88.** (Anexos 12-26)

Cuadro 107. Costo del sistema de riego

Sector	Costo
Biología Marina (anexo 12)	1 230,07
Edificio Administrativo de Ciencias Agrarias (anexo 13)	734,18
Edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias (anexo 14)	1 323,67
Unidad de Prácticas de Hotelería y Turismo (anexo 15)	889,24
Edificio de Post-grado (anexo 16)	579,36
Museo “Megaterio” (anexo 17)	33642
Biblioteca (anexo 18)	341,89

Edificio de aulas sector "I" (anexo 19)	1 279,96
Edificio de aulas sector "U" (anexo 20)	362,12
Edificio Administrativo # 1 (anexo 21)	964,46
Entrada parqueadero principal (anexo 22)	286,51
Entrada principal (anexo 23)	138,15
Estacionamiento de Administrativo # 3 (anexo 24)	414,33
Edificio de aulas # 1 de 2 plantas (anexo 25)	808,44
Plaza cívica (anexo 26)	2 433,56
SUBTOTAL	12 122,36
IMPREVISTOS	606,11
IVA	1 527,41
COSTO TOTAL DEL DISEÑO	14 255,88

3.4.5 VIDA ÚTIL

La vida útil de un módulo de riego está considerada para diez años, aunque el material PVC puede durar entre 20 y 25 años si está cubierto o enterrado, y por ende el deterioro por exposición a radiación solar no existe.

3.4.6 DEPRECIACIÓN

Asumiendo que la implementación del diseño se lo realice en el mes de julio, el monto a depreciar en diez años sería de \$ **14 255,88**, la depreciación realizada es lineal, es decir fijamos un monto definido para cada mes durante el periodo a depreciar, siendo en este caso de \$ **118,79**.

Cuadro 108. Depreciación a diez años

Años	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Meses											
Enero		8061,39	7212.87	6364.35	5515,83	4667,31	3818,79	2970,27	2121,75	1273,23	424,71
Febrero		7990,68	7142.16	6293.64	5445,12	4596,60	3748,08	2899,56	2051,04	1202,52	354,00
Marzo		7919,97	7071.45	6222.93	5374,41	4525,89	3677,37	2828,85	1980,33	1131,81	283,29
Abril		7849,26	7000.74	6152.22	5303,70	4455,18	3606,66	2758,14	1909,62	1061,10	212,58
Mayo		7778,55	6930.03	6081.51	5232,99	4384,47	3535,95	2687,43	1838,91	990,39	141,87
Junio		7707.84	6859.32	6010.80	5162,28	4313,76	3465,24	2616,72	1768,20	919,68	71,16
Julio	8485,65	7637.13	6788.61	5940.09	5091,57	4243,05	3394,53	2546,01	1697,49	848,97	0,45
Agosto	8414,94	7566.42	6717.90	5869.38	5020,86	4172,34	3323,82	2475,30	1626,78	778,26	
Septiembre	8344,23	7495.71	6647.19	5798.67	4950,15	4101,63	3253,11	2404,59	1556,07	707,55	
Octubre	8273,52	7425.00	6576.48	5727.96	4879,44	4030,92	3182,40	2333,88	1485,36	636,84	
Noviembre	8202,81	7354.29	6505.77	5657.25	4808,73	3960,212	3111,69	2263,17	1414,65	566,13	
Diciembre	8132,10	7283.58	6435.06	5586.54	4738,02	3889,502	3040,98	2192,46	1343,94	495,42	

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La aplicación de las técnicas de diseño en los cálculos hidráulicos determina la factibilidad de la implementación de un diseño de riego por aspersión, en la modalidad de difusores para los jardines de la UPSE.
- La instalación de un sistema de riego por aspersión, en la modalidad de difusores permitirá la optimización del recurso agua de manera técnica y científica en las zonas de las áreas verdes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- La implementación del presente proyecto permitirá a la UPSE aprovechar la mano de obra en otras labores de manejo agrícola, como poda, fertilización, deshierbe en las áreas verdes y la reproducción de material vegetal.
- Aunque no hay datos del consumo mensual de agua destinado a riego, lo que se propone con el presente diseño es la optimización del recurso agua.

Con el crecimiento físico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, también se incrementarán las áreas verdes, por lo que se recomienda:

- La automatización del sistema de riego propuesto.
- La instalación de más redes de distribución de agua para cubrir jardines no considerados en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

BARRERA LIZARAZO R. 1984. Riego y drenaje. 1ed. Bogotá, Usta. p. 343.

BOLAÑOS GUILLÉN A., PÉREZ LÓPEZ M. y GARZA CANO E. 2007. Determinación de la conductividad eléctrica. en línea. Consultado el 26 marz 2010. Disponible en <http://arturobola.tripod.com/conducti.htm#>.

BURNIE G., et al 2006. Botánica. Guía ilustrada de plantas, más de 10 000 especies de la A a la Z y cómo cultivarlas. Trad. J. LECUONA, et al. 1 ed. Barcelona. Loc Team, S. L., 1 024p.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR), INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA), TAPIA CONTRERAS F. y OSORIO ULLOA A. CL. 1999. Elementos de riego tecnificado. Conceptos sobre diseño y manejo de riego presurizado. Edit. A. OSORIO ULLOA y R. SALINAS YASUDA. 1ed. Intiguasi, CL. 12p.; 15p.; 18-20p.

CROSARA A. s.f. Estructura del suelo. en línea. Consultado el 26 marz 2010. Disponible en <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%204.pdf>.

CHUCYA CCAHUA P. s. f. Diseño agronómico. en línea. Consultado el 28 marz 2010. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/7331128/Diseno-Agronomico-Criterios-de-Disneo-Ing>

DE LOS ÁNGELES MEGÍA PJ. 2007. Diseño de parque municipal en Santa Cruz de Cañamos. en línea. Tesis. Pedro José De Los Ángeles Megía. Disponible en http://www.uclm.es/area/ing_rural/proyectos_fin_de_carrera.htm

DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA.
UNIVERSIDAD DE GRANADA ESPAÑA s.f. Propiedades Físicas del suelo. en
línea. Consultado el 22 marz 2010. Disponible en
<http://edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04/text.htm>

DIAZ, A. 1988. Cálculo de la evapotranspiración de los cultivos. Tesis Ing. Agr.
Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 127p.

DOORENBOS J. y PRUITT W. 1984. Las necesidades de agua de los cultivos.
Estudio FAO: Riego y drenaje N° 24. Roma, FAO. 181p.

DORRONSORO C. s.f. Efectos de la salinidad y sodicidad sobre el suelo y las
plantas. en línea. Consultado el 26 marz 2010. Disponible en
<http://edafologia.ugr.es/conta/Tema12/concep.htm>

ELRIEGO.COM s.f. Información técnica. Ábacos y tablas. en línea. Consultado
el 22 marz 2010. Disponible en
http://www.elriego.com/informa_te/abacos/factor_de_cultivo_kc.htm

ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2003.
1ed. s. l. p. 778; p.790; p.811-816.

FOTH HD. 1990. Fundamentos de Ciencia del Suelo. 4ed. México, Continental S.
A. p. 119-120; p. 122-124; p.128.

FUENTES YAGÜE, JL. 1998. Curso de riego para regantes 2ed. Madrid, Mundi-
Prensa. p. 17-18; p. 23; p. 28; p. 30-31; p. 36; p. 56-57.

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M. s.f. Evapotranspiración. en línea. Consultado el
26 marz 2010. Disponible en [http://ocw.upm.es/ingenieria-
agroforestal/hidrologia-de-superficies-y-conservacion-de-suelos/ocw-marta-pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/hidrologia-de-superficies-y-conservacion-de-suelos/ocw-marta-pdf).

HESSAYON DG. 1985. Árboles y Arbustos de Jardín. Manual de cultivo y conservación. 1ed. Barcelona, Blume. p. 56-84

HUNTER INDUSTRIES 2006. Manual de diseño para el sistema de riego residencial. Una introducción paso a paso al diseño e instalación. 1ed. California, Hunter industries incorporated. p. 2

INFOAGRO.COM. s.f. Clasificación del agua según la Norma Riverside. en línea. Consultado el 28 marz 2010. Disponible en http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm

INFOJARDÍN.COM s. f. Riego con difusores. en línea. Consultado el 28 marz 2010. Disponible en <http://articulos.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS AGROPECUARIAS DE ARGENTINA (INTA). 2002. Información de área Agronomía. en línea. Consultado el 28 marz 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docsuelos/almagua57.htm>

IRRITROL 2008. Productos Profesionales de Riego. Catálogo 2008. 8ed. California, Rain master irrigation system Inc. p. 75, p. 78, p. 84.

KRAMER PJ. y DUKE JB. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Trad. L. TEJADA. 1ed. México, Harla. S. A. p. 113.

MALDONADO I. 2001. El agua y la producción de trigo en la VIII región. Tierra adentro (40): 22. Disponible en www.inia.cl/medios/biblioteca/boletin/nr26964

MILIARIUM.COM s.f., Cálculo de pérdida de carga en tuberías. en línea. Consultado el 28 marz 2010. Disponible en <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.htm>

MOYA TALENS JA. 2002. Riego localizado y fertirrigación. 3ed. Madrid, Barcelona, México, Mundi-Prensa. p. 35-37; p. 40.

NARRO FARIÁS E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. 1ed. México, Argentina, España, Colombia, Puerto Rico, Venezuela, Trillas. p. 111-116.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. 1990. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Trad. R. TREZZA y M. GRACÍA. 1ed. Roma Fiat-Panis. p. 7; p. 24-25.

PALOMINO VELÁSQUEZ K. 2009. Riego por goteo. 1ed. Lima, Madrid. StarBook. p. 16-19.

RODRIGO LÓPEZ J. et al 1997. Riego localizado. 2ed. Madrid, Barcelona, México. Mundi-Prensa. p. 15-16; p. 19.

SISTEMA INTERACTIVO DE APOYO AL RIEGO (SIAR). s.f. Guías y manuales de terreno. Textura. en línea. Consultado el 26 marz 2010. Disponible en http://www.siar.cl/docs/protocolos/Det_textura_suelo.pdf.

TARJUELO MARTÍN-BENITO JM. 1999. El riego por aspersión y su tecnología. 2ed. Madrid, Barcelona, México. Mundi-Prensa. p. 88-93; p. 115; p. 119-120.

SODIMAC 2003. Instale su riego automático. Diseño del sistema. en línea. Consultado el 22 marz. 2010. Disponible en http://www.istalesuriegoautomatico_terceraparte_diseñodelsistema.pdf.

TORO 2006, Programa jardín. Manual de instalación. 2ed.

TORRES RUIZ E. 1995. Agrometeorología. 1ed. s.l., Trillas. p. 114

UNIVERSIDAD DE OVIEDO. ÁREA DE MECÁNICA DE FLUIDOS. Práctica de laboratorio, pérdida de carga en tuberías. en línea. Consultado el 22 marz. 2010. Disponible en http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/_asignaturas/mecanica_de_fluidos/07_08/MF07_Perdidasdecarga.pdf.

UNIVERSIDAD DE SEVILLA 2007. Diseño agronómico. en línea. Consultado el 26 marz 2010. Disponible en http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20asersion/page_09.htm.

WIKIPEDIA. LA ENCICLOPEDIA LIBRE 2007. Circulación del agua en las plantas. en línea. Consultado el 28 marz 2010. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Circulaci%C3%B3n_del_agua_en_las_plantas.

ANEXO 1

DATOS DE RENDIMIENTO DE LAS BOQUILLAS PRO-VAN

Cuadro 1A. Rendimiento boquilla Pro-Van, serie de 8' con trayectoria de 5°

Boquilla	Presión (PSI)	Radio (pies)	Caudal (GPM)	Precipitación (Pulg/hora)	Precipitación (Pulg/hora)
360°	20	8	1,72	2,59	2,99
	30	8	2,13	3,20	3,70
	40	9	2,48	3,73	4,31
	50	9	2,78	4,18	4,83
270°	20	8	1,36	2,73	3,15
	30	9	1,65	3,31	3,82
	40	9	1,89	3,79	4,38
	50	9	2,13	4,27	4,93
180°	20	9	0,87	2,62	3,02
	30	9	1,07	3,22	3,72
	40	9	1,23	3,70	4,27
	50	9	1,38	4,15	4,79
90°	20	9	0,53	3,19	3,68
	30	10	0,64	3,85	4,45
	40	10	0,72	4,33	5,00
	50	10	0,78	4,69	5,42

Fuente: IRRITROL (2008)

Cuadro 2A. Rendimiento boquilla Pro-Van, Serie de 10' con trayectoria de 10°

Boquilla	Presión (PSI)	Radio (pies)	Caudal (GPM)	Precipitación (Pulg/hora)	Precipitación (Pulg/hora)
360°	20	10	1,98	1,91	2,20
	30	10	2,41	2,32	2,68
	40	11	3,19	3,07	3,55
	50	12	3,59	3,46	3,99
270°	20	10	1,60	2,1	2,4
	30	11	1,95	2,5	2,9
	40	12	2,26	2,9	3,3
	50	12	2,52	3,2	3,7
180°	20	10	1,13	2,18	2,51
	30	11	1,38	2,66	3,07
	40	12	1,58	3,04	3,51
	50	12	1,77	3,41	3,93
90°	20	11	0,62	2,39	2,79
	30	12	0,77	2,96	3,42
	40	12	0,89	3,43	3,96
	50	13	1,00	3,85	4,45

Fuente: IRRITROL (2008)

Cuadro 3A. Rendimiento boquilla Pro-Van, Serie de 12' con trayectoria de 15°

Boquilla	Presión (PSI)	Radio (pies)	Caudal (GPM)	Precipitación (Pulg/hora)	Precipitación (Pulg/hora)
360°	20	11	2,26	1,51	1,74
	30	12	2,79	1,86	2,15
	40	13	3,20	2,14	2,47
	50	13	3,62	2,42	2,79
270°	20	11	1,85	1,65	1,90
	30	12	2,29	2,04	2,36
	40	13	2,64	2,35	2,72
	50	13	2,98	2,66	3,07
180°	20	11	1,33	1,78	2,05
	30	12	1,63	2,18	2,52
	40	13	1,89	2,53	2,92
	50	14	2,12	2,83	3,27
90°	20	12	0,75	2,01	2,32
	30	13	0,93	2,49	2,87
	40	14	1,06	2,83	3,27
	50	14	1,21	3,24	3,74

Fuente: IRRITROL (2008)

Cuadro 4A. Rendimiento boquilla Pro-Van, serie de 15' con trayectoria de 20°

Boquilla	Presión (PSI)	Radio (pies)	Caudal (GPM)	Precipitación (Pulg/hora)	Precipitación (Pulg/hora)
360°	20	14	2,76	1,18	1,36
	30	15	3,35	1,43	1,65
	40	15	3,87	1,66	1,91
	50	16	4,31	1,84	2,13
270°	20	14	2,36	1,35	1,55
	30	15	2,89	1,65	1,90
	40	16	3,30	1,88	2,17
	50	16	3,37	2,13	2,46
180°	20	15	1,70	1,45	1,68
	30	16	2,09	1,79	2,06
	40	16	2,42	2,07	2,39
	50	17	2,71	2,32	2,68
90°	20	15	0,99	1,69	1,96
	30	16	1,20	2,05	2,37
	40	17	1,40	2,40	2,77
	50	17	1,56	2,67	3,08

Fuente: IRRITROL (2008)

Cuadro 5A. Rendimiento boquilla Pro-Van, serie de 17' con trayectoria de 26°

Boquilla	Presión (PSI)	Radio (pies)	Caudal (GPM)	Precipitación (Pulg/hora)	Precipitación (Pulg/hora)
360°	20	14	2,90	0,97	1,12
	30	16	3,60	1,20	1,38
	40	17	4,10	1,37	1,58
	50	17	4,60	1,53	1,77
270°	20	14	2,50	1,11	1,28
	30	16	3,10	1,38	1,59
	40	17	3,60	1,60	1,85
	50	17	4,00	1,78	2,05
180°	20	15	1,90	1,27	1,46
	30	17	2,40	1,60	1,85
	40	17	2,70	1,80	2,08
	50	18	3,00	2,00	2,31
90°	20	15	1,20	1,60	1,85
	30	17	1,50	2,00	2,31
	40	18	1,70	2,26	2,62
	50	18	1,90	2,53	2,92

Fuente: IRRITROL (2008)

Cuadro 6A. Rendimiento boquillas de arco especiales, serie de 9' con trayectoria de 20°

Boquilla	Presión (PSI)	lado x ancho (pies)	Caudal (GPM)
HSN-9EST	20	3x8	0,41
	30	4x9	0,45
	40	5x10	0,48
HSN-9CST	20	3x16	0,85
	30	4x18	0,90
	40	5x20	0,97
HSN-9SST	20	3x16	0,85
	30	4x18	0,90
	40	5x20	,097

Fuente: IRRITROL (2008)

ANEXO 2

FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Cuadro 7A. Factores de conversión de unidades

Para convertir	de	a	Multiplique por
Área	acres	pies ²	43 560
	acres	metros ²	4 046,8
	metros ²	pies ²	10,764
	pies ²	pulgadas ²	144
	pulgadas ²	centímetros ²	6,452
	hectáreas	metros ²	10 000
	hectáreas	acres	2,471
Energía	kilovatios	caballos de vapor	1,3410
Caudal	pies ³ /minuto	metros ³ /segundo	0,0004719
	pies ³ /segundo	metros ³ /segundo	0,02832
	yardas ³ /minuto	metros ³ /segundo	0,01274
	galones/minuto	metros ³ /hora	0,22716
	galones/minuto	litros/minuto	3,7854
	galones/minuto	litros/segundo	0,06309
	metros ³ /hora	litros/minuto	16,645
	metros ³ /hora	litros/segundo	0,2774
Longitud	pies	pulgadas	12
	pulgadas	centímetros	2,540
	pies	metros	0,30481
	kilómetros	millas	0,6214
	millas	pies	5 280
	millas	metros	1 609,34
	milímetros	pulgadas	0,03937
Presión	psi	kilopascales	6,89476
	psi	bar	0,068948
	bar	kilopascales	100
	psi	pies de columna de agua	2,31
Velocidad	pies/segundo	metros/segundo	0,3048
Volumen	pies ³	galones	7,481
	pies ³	litros	28,32
	metros ³	pies ³	35,31
	metros ³	yardas ³	1,3087
	yardas ³	pies ³	27
	yardas ³	galones	202
	galones	metros ³	0,003785
	galones	litros	3,785

Fuente: IRRITROL (2008)

ANEXO 3

EQUIVALENCIAS DE Ø EN MILÍMETROS A PULGADAS

Cuadro 8A. Equivalencias de ø en milímetros a pulgadas

Ø 20 mm	1/2"
Ø 25mm	3/4"
Ø 32 mm	1"
Ø 40 mm	1 1/4"
Ø 50 mm	1 1/2"
Ø 63 mm	2"
Ø 75 mm	2 1/2"
Ø 90 mm	3"
Ø 110 mm	4"
Ø 125 mm	5"
Ø 160 mm	6"

Fuente: ELRIEGO.COM (s.f., en línea)

ANEXO 5

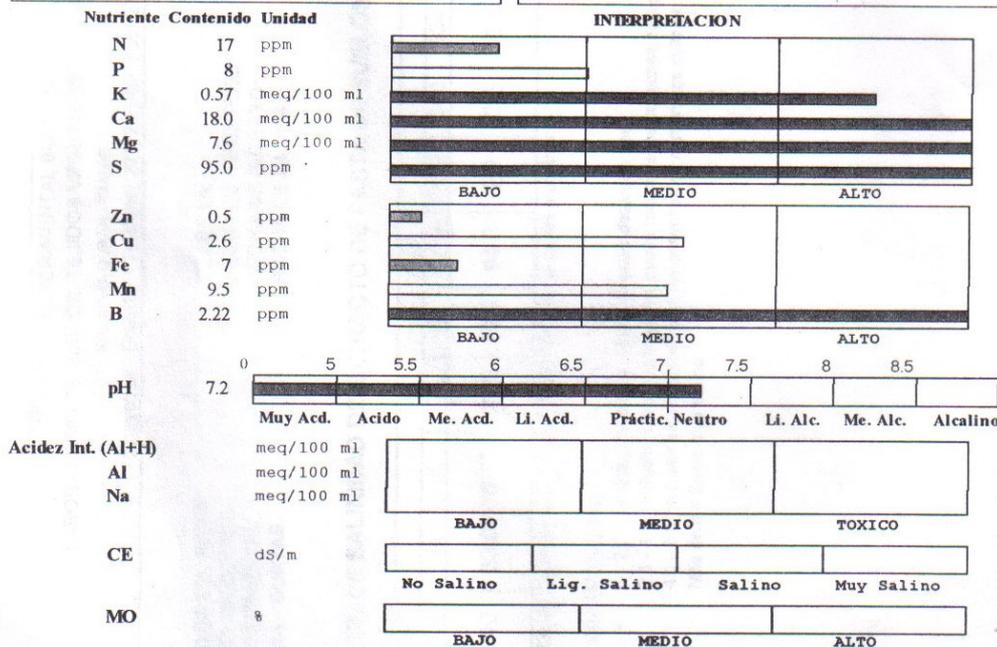
ANÁLISIS DE SUELO DE LOS PREDIOS DE LA UPSE AÑO 2 004



ESTACION EXPERIMENTAL BOLICHE
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 VIA DURAN TAMBO
 Guayaquil- Ecuador Teléfono: 2717261-62 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : UNIVERSIDAD DE SANTA ELENA Dirección : Ciudad : SANTA ELENA Teléfono : Fax :</p>	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : GRANJA EXPERIMENTAL Provincia : GUAYAS Cantón : SANTA ELENA Parroquia : Ubicación :</p>
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> <p>Cultivo Actual : Cultivo Anterior : FREJOL, MAÍZ, ECT Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : LOTE - 1</p>	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>N° Reporte : 1693 N° Muestra Lab. : 7472 Fecha de Muestreo : 13/07/2004 Fecha de Ingreso : 15/07/2004 Fecha de Salida : 22/07/2004</p>



Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	%			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
2,4	13,3	44,9	26,2						

Silva de J...

 RESPONSABLE DEPARTAMENTO

 RESPONSABLE LABORATORIO

Figura 2A. Resultado de análisis de suelo UPSE (2 004)

Fuente: ESTACIÓN EXPERIMENTAL INIAP-BOLICHE

ANEXO 7

ANÁLISIS DE SUELO: PH, UPSE AÑO 2 010

 <p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</p>	<p>ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119</p>	<p>ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119</p>																												
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																														
<p>DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : SR. ANTONIO ORTEGA Dirección : LA LIBERTAD Ciudad : SANTA ELENA Teléfono : N/E Fax : N/E</p>	<p>DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : UPSE Provincia : SANTA ELENA Cantón : SANTA ELENA Parroquia : N/E Ubicación : N/E</p>	<p>PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : N° Reporte : 6290 Fecha de Muestreo : 18/04/2010 Fecha de Ingreso : 20/04/2010 Fecha de Salida : 22/04/2010</p>																												
<p>Datos del Lote</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Identificación</th> <th>Area</th> <th>pH</th> <th>N</th> <th>P</th> <th>K</th> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>S</th> <th>Zn</th> <th>Cu</th> <th>Fe</th> <th>Mn</th> <th>B</th> </tr> <tr> <td>MUESTRA - I</td> <td></td> <td>7,8 LAI</td> <td></td> </tr> </table>	Identificación	Area	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	MUESTRA - I		7,8 LAI													
Identificación	Area	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B																	
MUESTRA - I		7,8 LAI																												
<p>INTERPRETACION</p> <p>pH MAc = Muy Acido LAc = Liger. Acido LAl = Lige. Alcalino RC = Requiere Cal Ac = Acido PN = Prac. Neutro McAl = Media. Alcalino McAc = Media. Acido N = Neutro Al = Alcalino</p> <p>Elementos: de N a B B = Bajo M = Medio A = Alto</p>																														
<p>METODOLOGIA USADA = Suelo: agua (1:2,5) = Colorimetría = Turbidimetría = Absorción atómica</p>																														
<p>EXTRACTANTES Olsen Modificado N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn Fosfato de Calcio Monobásico B,S</p>																														
<p>RESPONSABLE DEPARTAMENTO</p>																														
<p>RESPONSABLE LABORATORIO</p>																														

Figura 4A. Resultado de análisis de suelo: pH, UPSE (2 010)
 Fuente: ESTACIÓN EXPERIMENTAL INIAP-BOLICHE

ANEXO 8

ANÁLISIS DE SUELO: SALINIDAD DE EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS, UPSE AÑO 2 010



GOBIERNO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS



PROPIETARIO:	SR. ANTONIO ORTEGA	FACTURA:	6290
REMITENTE:	SRTA. MONICA ARMAS	FECHA DE MUESTREO:	18/04/2010
HACIENDA:	UPSE	FECHA DE INGRESO:	20/04/2010
LOCALIZACIÓN:	SANTA ELENA	FECHA DE SALIDA:	27/04/2010

DETERMINACION DE SALINIDAD DE EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

NO LABORATORIO	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	pH	C.E. dS/m	meq/l							RAS	PSI*		
				Na	K	Ca	Mg	SUMA	CO3H	CO3			SO4	CL
26352	MUESTRA - 1	7.72	15.40	130.40	1.20	40.11	17.50	169.90	0.2	ND	4.0	12.0	24.3	26.0

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de las muestras
N.D.- No detectable
* Cálculo efectuado según monograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60

INTERPRETACION:
C.E.: = 0 - 2.0 = Suelo no salino, efecto de sales despreciables
2.1 - 4.0 = Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sencibles
4.1 - 8.0 = Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos
Más de 8 = Suelo muy salino


DRA. GLORIA CARRERA
RESP. LABORATORIO DMISA

Figura 5A. Determinación de salinidad de extracto de pasta de suelos, UPSE (2 010)
Fuente: ESTACIÓN EXPERIMENTAL INIAP-BOLICHE

ANEXO 27

ECUACIONES PARA ENCONTRAR E_{T0} POR EL MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ATMOSFÉRICOS

Determina la presión atmosférica y la constante psicrométrica a una elevación de 35 m.s.n.m.

Presión atmosférica (P)

Datos:

$z = 35$ m.s.n.m.

Ecuación:

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26}$$

Donde:

P = Presión atmosférica (kPa)

z = Elevación sobre el nivel del mar (m)

$$P = 101,3 \left[\frac{293 - (0,0065)(35)}{293} \right]^{5,26}$$

$$P = 101,3 \left(\frac{292,7725}{293} \right)^{5,26}$$

$$P = 101,3(0,995922619)$$

$$P = 100,88 \text{ kPa}$$

Constante Psicrométrica (γ)

Ecuación:

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda}$$

Donde:

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

P = presión atmosférica (kPa)

λ = calor latente de vaporización 2,45 (MJ kg⁻¹)

c_p = calor específico a presión constante $1,013 \times 10^{-3}$ (MJ kg⁻¹ °C⁻¹)

ε = cociente del peso molecular de vapor de agua/aire seco = 0,622

$$\gamma = \frac{1,013 \times 10^{-3} \times 100,88}{0,622 \times 2,45}$$

$$\gamma = 0,067 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

DETERMINACIÓN DE PRESIÓN MEDIA DE VAPOR DE SATURACIÓN

Se calcula en función de la temperatura del aire, en donde el promedio de la temperatura del mes de diciembre, entre los años 2 001 - 2 009 es de 28,1 °C para la máxima y 21,5 °C para la mínima. (anexo 9).

Presión media de vapor de la saturación (e_s)

Para encontrar la presión media de vapor de la saturación, primero se encuentra la presión de saturación de vapor a la temperatura máxima y mínima del aire.

Ecuación:

$$e^\circ(T_{\max}) = 0,6108 \times \exp \left[\frac{17,27 \times T_{\max}}{T_{\max} + 237,3} \right]$$

Donde:

$e^\circ(T_{\max})$ = presión de saturación de vapor a la temperatura máxima del aire, T (kPa)

T = temperatura máxima del aire (°C)

exp [...] = 2,7183 (base del logaritmo natural) elevado a la potencia [...]

$$e^{\circ}(T_{\max}) = 0,6108 \times 2,7183^{\left[\frac{17,27 \times 28,1}{28,1 + 237,3}\right]}$$

$$e^{\circ}(T_{\max}) = 0,6108 \times 2,7183^{\left[\frac{485,287}{265,4}\right]}$$

$$e^{\circ}(T_{\max}) = 0,6108 \times 2,7183^{[1,82851168]}$$

$$e^{\circ}(T_{\max}) = 0,6108 \times 6,224691628$$

$$e^{\circ}(T_{\max}) = 3,802 \text{ kPa}$$

Ecuación:

$$e^{\circ}(T_{\min}) = 0,6108 \times \exp \left[\frac{17,27 \times T_{\min}}{T_{\min} + 237,3} \right]$$

Donde:

$e^{\circ}(T_{\min})$ = presión de saturación de vapor a la temperatura mínima del aire,

T (kPa)

T = temperatura mínima del aire (°C)

exp [...] = 2,7183 (base del logaritmo natural) elevado a la potencia [...]

$$e^{\circ}(T_{\min}) = 0,6108 \times 2,7183^{\left[\frac{17,27 \times 21,5}{21,5 + 237,3}\right]}$$

$$e^{\circ}(T_{\min}) = 0,6108 \times 2,7183^{\left[\frac{371,305}{258,8}\right]}$$

$$e^{\circ}(T_{\min}) = 0,6108 \times 2,7183^{[1,434717929]}$$

$$e^{\circ}(T_{\min}) = 0,6108 \times 4,198500845$$

$$e^{\circ}(T_{\min}) = 2,564 \text{ kPa}$$

Ecuación:

$$e_s = \frac{e^{\circ}(T_{\max}) + e^{\circ}(T_{\min})}{2}$$

$$e_s = \frac{3,802 + 2,564}{2}$$

$$e_s = 3,183 \text{ kPa}$$

Presión real de vapor (e_a) derivada de datos psicrométricos

Se calcula en función de la lectura del psicrómetro aspirado en un punto geográfico ubicado a una elevación de 35 m.s.n.m., en donde el promedio de la temperatura del mes de diciembre, entre los años 2 001 - 2 009 es de 23,8 °C para el termómetro de bulbo seco y 21,4 °C para el termómetro de bulbo húmedo (anexo 10).

La constante psicrométrica del instrumento está dada por: $\gamma_{psi} = a_{psi}P$; donde a_{psi} es un coeficiente que depende del tipo de ventilación del bulbo húmedo ($^{\circ}C^{-1}$), siendo el caso de la estación meteorológica UPSE de 0,000662 para los psicrómetros ventilados del tipo de Asmann, con un movimiento de aire de unos 5 $m s^{-1}$ y P es la presión atmosférica (kPa).

Datos:

- z = 35 m.s.n.m.
- P = 100.88 kPa
- T_{húmedo} = 21,4 $^{\circ}C$
- $e^{\circ}(T_{húmedo}) = 2,548$ kPa. *Se procede de la misma manera que $e^{\circ}(T_{max})$ y $e^{\circ}(T_{min})$
- $a_{psi} = 0,000662$ $^{\circ}C^{-1}$

$$*e^{\circ}(T_{húmedo}) = 0,6108 \times \exp \left[\frac{17,27 \times T_{húmedo}}{T_{húmedo} + 237,3} \right]$$

$$e^{\circ}(T_{húmedo}) = 0,6108 \times 2,7183^{\left[\frac{17,27 \times 21,4}{21,4 + 237,3} \right]}$$

$$e^{\circ}(T_{húmedo}) = 0,6108 \times 2,7183^{\left[\frac{369,578}{258,7} \right]}$$

$$e^{\circ}(T_{húmedo}) = 0,6108 \times 2,7183^{[1,42859683]}$$

$$e^{\circ}(T_{húmedo}) = 2,548 \text{ kPa}$$

Ecuación:

$$e_a = e^{\circ}(T_{húmedo}) - \gamma_{psi}(T_{seco} - T_{húmedo})$$

Donde:

- e_a = presión real de vapor (kPa)
- $e^{\circ}(T_{húmedo})$ = presión de saturación de vapor a la temperatura del bulbo húmedo (kPa)
- γ_{psi} = constante psicrométrica (kPa $^{\circ}C^{-1}$)
- $T_{seco} - T_{húmedo}$ = depresión del bulbo húmedo ($^{\circ}C$)

$$e_a = e^{\circ}(T_{húmedo}) - a_{psi}P(T_{seco} - T_{húmedo})$$

$$e_a = 2,548 - (0,000662)(100,88)(23,8 - 21,4)$$

$$e_a = 2,548 - (0,160278144)$$

$$e_a = 2,38 \text{ kPa}$$

Déficit de presión de vapor ($e_s - e_a$)

El déficit de presión de vapor es la diferencia entre la presión de saturación de vapor (e_s) y la presión real de vapor (e_a) durante el período 2 001 - 2 009.

$$e_s - e_a = 3,183 - 2,38$$

$$e_s - e_a = \mathbf{0,803 \text{ kPa.}}$$

Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor (Δ)

Para encontrar la pendiente de la curva de presión de saturación de vapor (Δ), primero se encuentra (T) que es la temperatura del aire, calculándose una media entre la temperatura máxima y mínima (anexo 9).

$$T = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

$$T = \frac{28,1 + 21,5}{2}$$

$$T = 24,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ecuación:

$$\Delta = \frac{4098 \times \left[0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times T}{T + 237,3}\right) \right]}{(T + 237,3)^2}$$

Donde:

Δ = pendiente de la curva de la presión de saturación de vapor a la temperatura del aire T ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

T = temperatura del aire ($^\circ\text{C}$)

$\exp [..] = 2,7183$ (base del logaritmo natural) elevado a la potencia [..]

$$\Delta = \frac{4098 \times \left[0,6108 \times 2,7183^{\left(\frac{17,27 \times 24,8}{24,8 + 237,3}\right)} \right]}{(24,8 + 237,3)^2}$$

$$\Delta = \frac{4098 \times \left[0,6108 \times 2,7183^{\left(\frac{428,296}{262,1}\right)} \right]}{(262,1)^2}$$

$$\Delta = \frac{4098 \times \left[0,6108 \times 2,7183^{(1,634093857)} \right]}{68696,41}$$

$$\Delta = \mathbf{0,18672966 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}}$$

Conversión de la latitud grados y minutos a radianes

Dato:

La Libertad UPSE

Grados y minutos = 2°14' latitud sur

Grados decimales = (-2) + (-14/60) = -2,23

$$(\text{radianes}) = \frac{\pi}{180}(\text{grados decimales})$$

$$\text{radianes} = \frac{3,14}{180}(-2,23)$$

$$\text{radianes} = -0,038$$

Distancia relativa inversa Tierra-Sol (d_r)

Dato:

J = 349 (es el número del día en el año, es decir 15 de diciembre)

$$d_r = 1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi}{365}J\right)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{2 \times 3,14}{365} \times 349\right)$$

$$d_r = 1,032$$

Declinación solar (δ)

$$\delta = 0,409 \times \text{sen}\left(\frac{2\pi}{365}J\right) - 1,39$$

$$\delta = 0,409 \times \text{sen}\left(\frac{2 \times 3,14}{365} \times 349\right) - 1,39$$

$$\delta = -0,996 \text{ rad}$$

Ángulo de radiación a la puesta del sol (ω_s)

Datos:

Latitud en radianes (φ) = - 0,038 rad

Radiación solar para el 15 de abril (δ) = - 0,407 rad

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)]$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(-0,038)\tan(-0,407)]$$

$$\omega_s = 1,587 \text{ rad}$$

Entonces:

$$\sin(\varphi)\sin(\delta) = \sin(-0,038)\sin(-0,407) = 0,014$$

$$\cos(\varphi)\cos(\delta) = \cos(-0,038)\cos(-0,407) = 0,925$$

Radiación extraterrestre para períodos diarios (R_a)

Ecuación:

$$R_a = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta)] \text{sen}(\omega)$$

Donde

R_a = radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

G_{sc} = constante solar = $0,082 \text{ (MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}\text{)}$

d_r = distancia relativa inversa Tierra-Sol (rad)

ω_s = ángulo de radiación a la puesta del sol (rad)

φ = latitud (rad)

δ = declinación solar (rad)

$$R_a = \frac{24 \times 60}{3,14} (0,0820)(1,029)[1,587(0,014) + (0,925)(0,999)]$$

$$R_a = 34,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Ecuación de conversión de radiación ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) a evaporación (mm día^{-1})

$0,408 \times \text{radiación (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)} = \text{evaporación equivalente (mm día}^{-1}\text{)}$

$$0,408 (34,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}) = 14,23 \text{ (mm día}^{-1}\text{)}$$

Duración máxima de la insolación (N)

Datos:

$$\omega_s = 1,587 \text{ rad}$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

$$N = \frac{24}{3,14} (1,587)$$

$$N = 12,1161 \text{ horas}$$

Radiación solar derivada de las diferencias térmicas

Para determinar la radiación solar de las diferencias térmicas se usaron datos del día 349 (15 de diciembre), (ver anexo 9).

Datos:

$$T_{\min} = 21,5 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_{\max} = 28,1 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$R_a = 34,9 \text{ (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)}$$

$$K_{R_s} = 0,19 \text{ (}^\circ\text{C}^{-0,5}\text{)}$$

$$R_s = k_{R_s} \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} R_a$$

Donde

$$R_a = \text{radiación extraterrestre (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)}$$

$$T_{\max} = \text{temperatura máxima del aire (}^\circ\text{C)}$$

$$T_{\min} = \text{temperatura mínima del aire (}^\circ\text{C)}$$

$$k_{R_s} = \text{coeficiente de ajuste (0,16...0,19) (}^\circ\text{C}^{-0,5}\text{)}$$

$$k_{R_s} = (0,19) \text{ (}^\circ\text{C}^{-0,5}\text{) para zonas costeras}$$

$$R_s = 0,19 \sqrt{(28,1 - 21,5)} 34,9$$

$$R_s = 17,03 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Ecuación de conversión de radiación (MJ m⁻² día⁻¹) a evaporación (mm día⁻¹)

$$0,408 \times \text{radiación (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)} = \text{evaporación equivalente (mm día}^{-1}\text{)}$$

$$0,408 (17,03 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)} = 6,94 \text{ (mm día}^{-1}\text{)}$$

Radiación solar en un día despejado (R_{so})

Se recomienda usar $a_s = 0,25$ y para $b_s = 0,50$

$$R_{so} = (a_s + b_s)R_a$$

Donde

R_{so} = radiación solar

$a_s + b_s$ = fracción de la radiación extraterrestre que llega a la superficie terrestre en días de cielo despejado ($n=N$)

$$R_{so} = (0,75)34,9$$

$$R_{so} = 26,175 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Radiación neta solar o de onda corta (R_{ns})

La radiación solar neta de onda corta resultante del equilibrio entre la radiación entrante y la reflejada.

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s$$

Donde

R_{ns} = radiación neta solar o de onda corta ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

α = albedo o coeficiente de reflexión del cultivo, que es 0,23

R_s = radiación solar entrante ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

R_{ns} = está expresada en $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$

$$R_{ns} = (1 - 0,23)17,03$$

$$R_{ns} = 13,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Radiación neta de onda larga (R_n)

La cantidad de emisión de energía de onda larga es proporcional a la temperatura absoluta de la superficie elevada a la cuarta potencia.

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{\max,k}^4 + T_{\min,k}^4}{2} \right] (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right)$$

Donde

R_{nl} = radiación neta de onda larga ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($4,903 \times 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

$T_{\max,k}$ = temperatura máxima absoluta durante un periodo de 24 horas
($k = ^\circ\text{C} + 273,16$)

$T_{\min,k}$ = temperatura mínima absoluta durante un periodo de 24 horas
($k = ^\circ\text{C} + 273,16$)

e_a = presión de vapor real (kPa)

R_s / R_{so} = radiación relativa de onda corta (valores $\leq 1,0$)

R_s = radiación solar calculada ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

R_{so} = radiación en un día despejado ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

$$R_{nl} = 4,903 \times 10^{-9} \left[\frac{(301,26)^4 + (294,66)^4}{2} \right] (0,34 - 0,14\sqrt{2,38}) \left(1,35 \frac{17,03}{26,17} - 0,35 \right)$$

$$R_{nl} = 2,61 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Ecuación de conversión de radiación ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) a evaporación (mm día^{-1})

$0,408 \times \text{radiación} (\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}) = \text{evaporación equivalente} (\text{mm día}^{-1})$

$0,408 (2,61 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}) = 1,06 (\text{mm día}^{-1})$

Radiación neta (R_n)

La radiación neta (R_n) es la diferencia entre la radiación neta de onda corta (R_{ns}) y la radiación neta de onda larga (R_{nl})

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_n = 13,1 - 2,61$$

$$R_n = 10,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Ecuación de conversión de radiación ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) a evaporación (mm día^{-1})

$0,408 \times \text{radiación (MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}) = \text{evaporación equivalente (mm día}^{-1})$

$0,408 (10,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}) = 4,28 \text{ (mm día}^{-1})$

Flujo del calor del suelo ($G_{\text{mes},i}$)

Para determinar el flujo de calor en el suelo para períodos mensuales, se utilizan las temperaturas medias del aire del mes anterior y el mes posterior, que para este caso es el mes de noviembre y el mes de enero.

Datos:

$T_{\text{noviembre}} = 22,6$

$T_{\text{diciembre}} = 24,8$

$T_{\text{enero}} = 26,6$

$$G_{\text{mes},i} = 0,07(T_{\text{mes},i+1} - T_{\text{mes},i-1})$$

Donde

$T_{\text{mes},i}$ = temperatura media del aire en el mes i ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{mes},i-1}$ = temperatura media del aire en el mes $i-1$ ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{mes},i+1}$ = temperatura media del aire en el mes $i+1$ ($^{\circ}\text{C}$)

$$G_{\text{mes},i} = 0,07(26,6 - 22,6)$$

$$G_{\text{mes},i} = 0,28 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Relación del viento con la altura

La velocidad del viento a diversas alturas sobre la superficie del suelo tiene valores diferentes. La fricción superficial tiende a reducir la velocidad del viento. La velocidad del viento es menor cerca de la superficie y aumenta con altura.

Para ajustar los datos de velocidad del viento obtenidos de la veleta ubicada a 10 m sobre la superficie, en la estación meteorológica INAMHI-UPSE a una altura estándar de 2 m; se utiliza el factor de conversión de 0,75 (anexo 11)

$$u_2 = u_z(0,75)$$

Donde

u_2 = velocidad del viento a 2 m sobre la superficie ($m s^{-1}$)

u_z = velocidad del viento medida a z m sobre la superficie ($m s^{-1}$)

z = altura de medición sobre la superficie (m)

$$u_2 = 3,78 \times 0,75$$

$$u_2 = 2,85 m s^{-1}$$

Cálculo del ETo por el método FAO PENMAN-MONTEITH

Datos:

$$R_n = 10,5 (MJ m^{-2} día^{-1})$$

$$G = 0,28 (MJ m^{-2} día^{-1})$$

$$T = 24,8 (°C)$$

$$u_2 = 2,85 (m s^{-1})$$

$$e_s = 3,183 (kPa)$$

$$e_a = 2,38 (kPa)$$

$$e_s - e_a = 0,803 (kPa)$$

$$\Delta = 0,187 (kPa °C^{-1})$$

$$\gamma = 0,067 (kPa °C^{-1})$$

$$E_{To} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

$$E_{To} = \frac{0,408 \times 0,187 (10,5 - 0,28) + 0,067 \frac{900}{24,8 + 273} 2,85 (0,803)}{0,187 + 0,067 [1 + 0,34 (2,85)]}$$

$$E_{To} = 3,99 (mm día^{-1}) \approx 4 (mm día^{-1})$$

ANEXO 28

FOTOGRAFÍAS DE LOS SECTORES CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN, MODALIDAD DE DIFUSORES



Figura 6A. Sector “Biología Marina”



Figura 7A. Sector “Edificio Administrativo de Ciencias Agrarias”



Figura 8A. Sector “Edificio de aulas de Facultad de Ciencias Agrarias”



Figura9A. Sector “Unidad de Prácticas de Hotelería y Turismo”



Figura 10A. Sector “Edificio de Post-grado”



Figura 11A. Sector Museo “Megaterio”



Figura 12A. Sector “Biblioteca”



Figura 13A. Edificio de aulas sector “I”



Figura 14A. Edificio de aulas sector "U"



Figura 15A. Sector "Edificio Administrativo # 1"



Figura16A. Sector “Entrada parqueadero principal”



Figura 17A. Sector “Entrada Principal”



Figura 18A. Sector “Estacionamiento de Administrativo # 3”



Figura 19A. Sector “Edificio de aulas # 1 de 2 plantas”



Figura 20A. Sector “Plaza Cívica”