

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

MAESTRÍA EN GERENCIA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y LOS RECURSOS NATURALES

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN DE LA ALDEA QUILINCO, CHIANTLA, HUEHUETENANGO
TESIS DE POSGRADO**

HECTOR MARLON MÉRIDA TELLO

CARNET 3402-00

QUETZALTENANGO, JULIO DE 2017

CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

MAESTRÍA EN GERENCIA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y LOS RECURSOS NATURALES

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN DE LA ALDEA QUILINCO, CHIANTLA, HUEHUETENANGO**

TESIS DE POSGRADO

**TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

POR

HECTOR MARLON MÉRIDA TELLO

PREVIO A CONFERÍRSELE

**EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN GERENCIA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y LOS
RECURSOS NATURALES**

QUETZALTENANGO, JULIO DE 2017

CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRIÁS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO:	MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. RODOLFO ESTUARDO VÉLIZ ZEPEDA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. OTTO RENÉ CASTRO LOARCA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. RUBEN FRANCISCO RUIZ MAZARIEGOS

ING. SALVADOR BOLAÑOS

LIC. MIGUEL ANGEL MORALES CAYAX

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN

SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

SUBDIRECTOR DE GESTIÓN
GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango 22 de enero de 2005

Ing. Agr. Marco Antonio Molina
Coordinador Maestría en Gerencia de Recursos Naturales
Y Agricultura Sostenible
Universidad Rafael Lindívar
Quetzaltenango.

Estimado Ing. Molina.

Con mucho agrado me permito saludarlo deseándole éxitos en sus labores.

El motivo de la presente es para darle a conocer que el informe final de investigación de tesis de grado titulado " ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA ALDEA QUILINCO, CHIANTLA HUEHUETENANGO"; realizada por el estudiante Héctor Marlon Mérida Tello, con carnet No. 340200 ha sido finalizado, por lo que me permito sugerir que se continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular.



Ing. Agr. M.Sc. Otto René Castro Loarca
Asesor de Tesis



Universidad
Rafael Landívar
Tradicción Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRICOLAS
No. 06773-2007

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Posgrado del estudiante HECTOR MARLON MÉRIDA TELLO, Carnet 3402-00 en la carrera MAESTRÍA EN GERENCIA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y LOS RECURSOS NATURALES, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 061-2007 de fecha 14 de julio de 2007, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA ALDEA QUILINCO, CHIANTLA, HUEHUETENANGO

Previo a conferírsele el grado académico de MAGÍSTER EN GERENCIA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y LOS RECURSOS NATURALES.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 20 días del mes de julio del año 2017.

**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRICOLAS
Universidad Rafael Landívar**



Agradecimiento

Agradecimiento especial a:

A Dios:

Por ser la fuente de sabiduría para emprender los retos y poder contar con las bendiciones para poder alcanzar los resultados.

A la Virgen de Candelaria y Virgen del Rosario:

Por acompañarme en el camino profesional y de formación personal para aprender cada día de la vida y de temas que puedan ser aplicados en la rama laboral.

A los docentes y personal Administrativo de la URL Campus Quetzaltenango:

Por su apoyo y aprendizajes transferidos.

Dedicatoria

A la Santísima Trinidad:

Por sus bendiciones y permitir que lograra culminar un proceso de aprendizaje y formación profesional.

A mi Familia:

Por su apoyo incondicional y darme las fuerzas para dar continuidad a procesos personales, laborales y profesionales.

Índice

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Sistema de riego por aspersión	15
1.1.1 Concepto/definición	15
1.1.2 El sistema de riego por aspersión.....	15
1.1.3 Sistema de riego coordinado	21
1.1.4 Relaciones entre planta-agua-suelo	24
1.2 Eficiencia de distribución (ED) del agua de riego	34
1.2.1 Concepto/definición	34
1.2.2 Coeficiente de uniformidad (Cu)	35
1.2.3 Eficiencia de distribución de agua (Eda).....	37
1.2.4 Principios de un riego eficiente mediante sistemas de aspersión.....	39
1.2.5 Investigación y evaluación de sistemas de riego por aspersores	45
1.2.6 Uso efectivo del agua en pequeñas áreas.....	46
1.3 Características del área en estudio	48
1.3.1 Localización geográfica	48
1.3.2 Características físico-bióticas	48
1.3.3 Infraestructura.....	51
1.3.4 Situación socioeconómica	52
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	53
2.1 Objetivos.....	54
2.1.1 Objetivo general.....	54
2.1.2 Objetivo específico	54
2.2 Variables de estudio	54
2.3 Definición de variables.....	55
2.4 Alcances y límites	55
2.5 Aporte	56
III. MÉTODO.....	57

3.1	Sujetos.....	57
3.2	Instrumentos.....	57
3.3	Diseño	62
3.4	Metodología estadística.....	63
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	64
4.1	Determinación de ED y Cu	64
4.1.1	Determinación de la eficiencia de distribución (ED).....	65
4.1.2	Determinación del coeficiente de uniformidad (Cu)	65
4.1.3	Cu y su relación con el manejo del sistema.....	69
4.1.4	Regresión de ED con caudal y lámina de descarga	71
4.1.5	Cu y su relación con la velocidad de rotación.....	71
4.1.6	Pendiente de las parcelas	72
4.1.7	Lámina de descarga de aspersor de uso actual	73
4.2	Resultados del estado físico de la infraestructura del sistema	75
4.2.1	Resultados del grado de organización social	75
4.2.2	Resultado de condiciones actuales de infraestructura.....	76
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
5.1	Determinación de ED y Cu	79
5.1.1	Determinación de la eficiencia de distribución (ED).....	79
5.1.2	Determinación del coeficiente de uniformidad (Cu)	80
5.1.3	Cu y su relación con el manejo del sistema.....	81
5.1.4	Regresión de ED con caudal y lámina de descarga	84
5.1.5	Cu y su relación con la velocidad de rotación.....	85
5.1.6	Pendiente de las parcelas	86
5.1.7	Lámina de descarga de aspersor de uso actual	86
5.2	Análisis del estado físico de la infraestructura del sistema	88
5.2.1	Discusión de resultados sobre el grado de organización de los usuarios	88
5.2.2	Resultado de condiciones actuales de infraestructura.....	89

VI.	PROPUESTA PARA MEJORAR LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	92
VII.	CONCLUSIONES.....	99
VIII.	RECOMENDACIONES	104
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
X.	ANEXOS	109

Índice de Cuadros

		Pág.
Cuadro 1	Resumen de resultados de pruebas de campo para la determinación de la eficiencia de dist.	64
Cuadro 2	Comportamiento de la desviación estándar de las variables en estudio.....	66
Cuadro 3	Análisis de la desviación estándar de la ED.....	68
Cuadro 4	Comparación de las principales características de los aspersores ...	69
Cuadro 5	Comparación del diseño agronómico del sistema de riego por aspersión.....	69
Cuadro 6	Análisis estadístico de los valores de lámina de descarga.....	74
Cuadro 7	Resultados sobre diferencia entre la distribución de probabilidad en la caída de agua.....	74
Cuadro 8	Estado físico de la infraestructura del sistema de riego por aspersión	77

Índice de Graficas

		Pág.
Gráfica 1	Comportamiento del Cu en parcela de sector 1	65
Gráfica 2	Comportamiento del Cu en parcela de sector 2	66
Gráfica 3	Comportamiento de la Efic. De Distribución (ED).....	67
Gráfica 4	Comportamiento del coeficiente de uniformidad	67
Gráfica 5	Comparación de características de aspersores	70
Gráfica 6	Regresión de Ed contra "Q" y "Lc"	71
Gráfica 7	Pendiente de las parcelas evaluadas	72
Gráfica 8	Comportamiento de la lámina de descarga	73

Índice de Graficas

	Pág.
Anexo 1	
Boleta de diagnóstico de manejo del sistema de riego por aspersión Quilenco	109
Anexo 2	
Tabla sobre análisis estadístico realizado	114

Resumen

En la aldea Quilenco municipio de Chiantla, Huehuetenango actualmente funciona un sistema de riego por aspersión, construido en 1,998 con extensión de 7.38 ha. y beneficiando a 89 agricultores.

Luego de 8 años de funcionamiento para los beneficiarios es de interés evaluarlo y conocer aspectos relacionados al funcionamiento. Los objetivos planteados en este estudio son: obj. General: Determinar la eficiencia de distribución de agua (ED) del sistema y los específicos: a) Determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), b) Comparar el estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con relación al diseño original y c) Plantear una propuesta de reglamento de riego que mejore las condiciones de manejo y mantenimiento del sistema.

La metodología utilizada para desarrollar el presente estudio, se basó en la observación, entrevista, determinación del Coeficiente de uniformidad (Cu) mediante el método de Cristianes (arreglo en cuadrícula de colectores), Eficiencia de distribución (ED) mediante promedio de las láminas mínimas captadas por los colectores y para determinar el estado físico de la infraestructura de riego se realizaron evaluaciones a dicha infraestructura.

Los principales resultados encontrados fueron: a) La Eficiencia en la Distribución (ED) es de 31.39%, estadísticamente reflejan alta significancia, rechazando la hipótesis nula¹, b) El Coeficiente de uniformidad (Cu) es 57.11%, valor por debajo de lo recomendado que es de 80%, c) Los resultados de la prueba Mann-Whitney U y Wilcoxon W rank sum test para muestras independientes, indican que hay alta significancia para rechazar la hipótesis nula 2 (Ho.2), d) Existen problemas de manejo técnico y administración del sistema.

I. INTRODUCCIÓN

En las áreas donde el riego es básico para la producción y donde el agua es un factor limitante, el uso eficiente de la misma ha despertado interés en los últimos tiempos, para así hacer uso sostenible de los recursos naturales. Es de conocimiento de todos que en el nuevo milenio se incrementará la población humana, quienes lógicamente exigirán grandes cantidades de comida. Para satisfacer la demanda de alimentos se deberá aplicar en los campos una agro tecnología altamente eficiente conservando y mejorando el ecosistema donde la irrigación de los cultivos tendrá un papel importante. En los campos donde se riegan los diferentes cultivos, es frecuente observar suelos completamente saturados y otros con plantaciones que presentan síntomas de marchites como resultado del manejo inadecuado de los sistemas de riego. Lo anterior no solo es evidente en los países en vías de desarrollo, sino también en países desarrollados, en los que hay disponibilidad de tecnologías avanzadas en materia de riego y manejo del agua.

La vida de cualquier sistema de riego es contar con una fuente de agua con un caudal suficiente para asegurar su funcionamiento, las exigencias climáticas aumentan las demandas del uso de riego para la producción de los cultivos. Por estas razones, todos estamos obligados a cuidar el recurso agua, elevando la eficiencia de aplicación del riego, es decir; obtener mayor beneficio por cada litro de agua que es utilizado en el riego de los cultivos.

En la aldea Quilenco municipio de Chiantla, Huehuetenango actualmente funciona un sistema de riego por aspersión, el cuál fue construido en el año de 1998 con el apoyo técnico y financiero del Proyecto de Desarrollo Rural de La Sierra de Los Cuchumatanes –PCUCH-, cuenta con una extensión de 169 cuerdas (7.38 ha) y beneficia directamente a 89 agricultores.

El área de ubicación de dicho sistema de riego es estratégica y sumamente interesante puesto que la fuente principal es el río de la cuenca del Selegua y cuyo caudal en los últimos cinco años ha decrecido aceleradamente.

Durante el tiempo de su implementación hasta diciembre de 2000, se brindó asistencia técnica por parte del Proyecto Cuchumatanes quien luego de un proceso de consolidación de actividades cerró sus actividades de campo en diciembre de 2000, simultáneamente fue gestionada la fase II de dicho Proyecto con el apoyo de los Países Bajos de Holanda y el Gobierno de Guatemala a través del MAGA.

En enero de 2001 fue aprobada la fase II del Proyecto, denominándose Proyecto de Manejo Sostenible de Los Recursos Naturales –PROCUCH-, el cual tiene como objetivo primordial “Manejar y Proteger los Recursos Naturales Renovables de la Sierra de Los Cuchumatanes”.

La actividad principal de los beneficiarios del sistema de riego, es la producción de hortalizas tradicionales y no tradicionales, el crecimiento poblacional ha incrementado la presión del uso de la tierra en otras áreas de cultivo superior al planteamiento inicial del diseño del Proyecto, incrementando entonces la presión sobre el uso y la disponibilidad del recurso agua.

Luego de transcurridos 8 años de funcionamiento del sistema de riego, para el Proyecto PROCUCH y los beneficiarios, es de sumo interés determinar como objetivo general del estudio: la eficiencia de distribución de agua del sistema de riego por aspersion de la aldea Quilenco y como objetivos específicos: a) Determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu) y b) Comparar el estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con relación al diseño original.

Adicionalmente se tienen formuladas las siguientes hipótesis nula (ho.) a) El sistema de riego por aspersion de la aldea Quilenco, funciona con una eficiencia superior o igual al

80% y b) La distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector 1 y 2 son similares.

El objetivo de impacto es que el sistema de riego se encuentra ubicado en un área estratégica como lo es la cuenca del Selegua del municipio de Chiantla y es necesario evaluar el funcionamiento del sistema para contribuir a optimizar el agua de la cuenca.

Se han realizado estudios en aspectos de medición de eficiencia en la aplicación y distribución de agua de riego, los cuales han contribuido a la solución de problemas de diseño, distribución e infraestructura de estos sistemas. Dichos estudios se mencionan a continuación:

León (1999), realizó una investigación de tesis denominada Evaluación del sistema de riego por aspersión Chacaya, Santiago Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, cuyo objetivo fue determinar la problemática existente en la operación del sistema de riego. La metodología de trabajo consistió en realizar observaciones de campo, entrevistas con los usuarios del riego, medición de las condiciones hidráulicas, determinación de las características agronómicas, coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución del agua de riego y eficiencia de operación del equipo de bombeo.

Las principales conclusiones obtenidas fueron: a) La lámina de aplicación en toda el área fue de 3.1944 centímetros, lo que representa un 75.7% del total de la lámina neta que debería aplicarse en todas las parcelas; esto significa que el agricultor no maneja adecuadamente la aplicación de agua en sus cultivos. b) La determinación de la eficiencia de almacenamiento es de 77.7%, lo que indica que el agricultor no está aplicando la cantidad de agua necesaria, según los requerimientos del suelo y los cultivos bajo riego, ya que actualmente se está aplicando una lámina neta de 3.2 centímetros y la lámina requerida o lámina neta de reposición es de 4.2 cm. Y c) La eficiencia de operación del equipo de bombeo se determinó que es de 36.7%, lo que significa que se están dando demasiadas pérdidas de potencia de dicho equipo, aunado

a lo anterior se determinó que existe demasiado consumo de energía eléctrica (59.2 MHP) y el equipo necesita para funcionar adecuadamente 21.7 MHP.

Dentro de las principales recomendaciones se mencionan: a) Capacitar al agricultor con respecto al uso y manejo del agua, b) Realizar un rediseño del sistema para mejorar las condiciones hidráulicas y c) Evaluar costo-beneficio al cambiar el equipo de bombeo.

Juárez (1999), realizó un diagnóstico sobre la eficiencia de la unidad de riego la Blanca, Ocos, San Marcos, el objetivo central fue determinar la problemática existente entre el área de diseño y el área efectivamente regada y los objetivos específicos fueron determinar la eficiencia en el uso del agua y la determinación de láminas netas de aplicación.

La metodología fue dividida en varias fases: a) pruebas de campo, donde se determinaron aforos del caudal de agua, coeficiente de uniformidad, velocidad de infiltración, muestreo de suelos, cálculo de láminas netas y evapotranspiración, b) encuesta para obtener información respecto al nivel tecnológico de los productores sobre el uso del agua de riego.

Los principales resultados fueron: a) la determinación de la eficiencia global de la unidad de riego en 21%, lo que quiere decir que dicha eficiencia es relativamente baja, b) Por diferencia entre las láminas netas de reposición con cada riego y las láminas aplicadas al cultivo con el riego, se observó una sobre aplicación media de 311%, lo que equivale a una lámina media de 15.9 cm. Es decir que se está aplicando una mayor cantidad de agua a la que el suelo puede infiltrar o retener lo que provoca lixiviación de nutrientes, y c) Los mayores problemas que causan la baja eficiencia son: los revestimientos en los canales, la falta de compuerta en las toma granjas, falta de conocimiento de los agricultores de las necesidades de agua de los cultivos y la baja tecnología que emplean en el riego.

Como recomendaciones se pueden mencionar en su importancia: a) Reducir las diferentes causas que ocasionan la eficiencia de conducción, b) Realizar investigaciones

sobre necesidades y frecuencias de aplicación de agua de riego a los cultivos y c) capacitar a los usuarios del sistema de riego en el uso y manejo del agua de riego.

Castillo (2000), revista agricultura, realizó una publicación titulada Diseño de un sistema semi fijo de riego por aspersión aprovechando agua superficial para el cultivo de maíz. Dentro de los principales contenidos menciona que el riego por aspersión es un método por medio del cual se conduce el agua a presión hasta el terreno donde se aplica semejando a la lluvia. Según la experiencia obtenida en el diseño del riego argumenta que deben de ser tomados en cuenta ciertos factores como: evaluar los parámetros climáticos del área, los cuales permiten el uso consultivo de la zona en la que se encuentra el proyecto, estos parámetros incluyen humedad relativa media en porcentaje, temperatura promedio (máximas y mínimas), días y precipitación pluvial en milímetros, así como insolación solar en horas y décimos.

Adicionalmente se debe considerar las características físicas y químicas del suelo, con la finalidad de determinar si el área y la calidad de agua son aptas para el riego, posteriormente se procede a determinar los criterios y memoria hidráulica del sistema los cuales incluyen los siguientes cálculos: lamina neta, lamina bruta, intervalo de riego, meses críticos, número de turnos diarios, tiempo de riego por turno, caudal, tipo de aspersor, presión, diámetro de mojado, traslape de aspersores, separación entre aspersores, altura de la posición del aspersor.

Estas recomendaciones técnicas son un valioso aporte para el diseño de riegos por aspersión y contribuyen a diseñar riegos aplicados al tipo de cultivo a regar con la finalidad de optimizar el uso del agua de riego mediante el logro de eficiencias de aplicación y distribución superiores al 80%.

Ayala (1998) revista agricultura, realizó una publicación titulada como encontrar agua y elevarla fácilmente, el aporte hacia el uso y manejo del agua es bastante interesante pues se basa en la radiestesia, que es la técnica de la bioenergética que se encarga del descubrimiento de agua, metales u otro producto de interés, por medio del flujo de

energía de una persona sobre materiales (cobre, oro, madera) que vibraran al interconectarse con el objeto o cosa buscados.

Las experiencias de la radiestesia en la búsqueda de agua indican que si se va a buscar agua, se concentra primero en imaginar claramente el agua, en la mejor forma que se pueda, después se concentra en el detector (péndulo) para que este busque el lugar donde exista algo similar a lo que en su mente ha constituido el radiestesista, así el detector se moverá en dirección a donde pueda estar el agua.

La relación directa de este tema sobre la aplicación de agua de riego es la siguiente, el uso racional que se le debe dar al agua, porque mientras otros han perfeccionado las técnicas de la búsqueda de agua, otros que la tienen en cantidades aceptables la desperdician en sistemas de riego en mal funcionamiento.

Gómez (1998) revista agricultura, publico una reflexión que literalmente dice, “cada gota de agua es importante en la irrigación”. Basa su publicación en la tecnología que han desarrollado los Israelitas, que durante la década de los cincuenta, iniciaron experimentos en el Kibutz Hatzetim del desierto del Neguev, con la idea de que si minúsculas gotas cayeran repetidamente sobre un mismo punto, llegarían a penetrar en la tierra hasta una profundidad que permitiera nutrir, desde cultivos hasta árboles de grandes dimensiones. Este método demostró ser muy efectivo y, hoy en día, se reconoce que la irrigación por goteo es la forma más eficaz para el aprovechamiento del agua en las regiones áridas del mundo, como Israel y Medio Oriente.

Actualmente, más de ochenta países utilizan esta tecnología tanto en agricultura como en jardines. Es claro que estas tecnologías utilizan una sofisticada variedad de accesorios los cuales han incrementado la eficacia de los sistemas. Actualmente los fabricantes Israelíes ofrecen en el mercado sistemas controlados por computadoras, que incluyen sensores especiales para el monitoreo de la humedad del suelo y la fertigración permite a los agricultores abonar los cultivos por medio de la red de distribución del agua.

Estas tecnologías permiten analizar como en otros países los productores han tenido que optimizar el uso del agua para desarrollar programas agrícolas de manera eficaz, sin embargo, es necesario impulsar investigaciones que contribuyan al uso eficiente del agua en los sistemas de riego por aspersión que dado a la baja capacidad del productor en el uso y manejo del agua, los hace funcionar con porcentajes de eficiencia relativamente bajos.

Castillo, (2000) revista agricultura, publicó en base a su experiencia un documental titulado elementos esenciales para el diseño agronómico del riego. En dicho trabajo manifiesta que deben considerarse tres elementos en el diseño de un sistema de riego, los cuales se mencionan a continuación: 1) cuantificar las necesidades de agua del cultivo, en este aspecto, deben considerarse las características agronómicas del lugar donde se ubica el cultivo y adicionalmente debe realizarse un análisis de los factores de clima y suelo.

Como segundo elemento a considerar, manifiesta que se determine la frecuencia de aplicación, esto se refiere al espacio de tiempo en que el cultivo consume agua, por lo que se debe repetir la aplicación de una nueva lámina de agua al cultivo.

Finalmente como último elemento a considerar en el diseño de un sistema de riego, se debe tomar en cuenta el método de la aplicación de la lámina de agua, para ello se requiere de un análisis de factores como la fuente de agua (cantidad disponible y calidad del agua de riego, ubicación respecto al área de riego), características agronómicas (topografía, textura y estructura del suelo y condiciones químicas), el tipo de cultivo y el clima. Al evaluar las condiciones se define el método de aplicación que se adapte de mejor manera a las características que se presentan y esto determina el diseño del sistema de aplicación (inundación, aspersión, micro aspersión o goteo).

Estas reflexiones permiten considerar que en algunos casos estas recomendaciones no han sido tomadas en cuenta al momento de diseñar un sistema de riego, y se han

introducido diseños de riego en áreas que están clasificadas agrológicamente para otros fines como el pastoreo y producción forestal.

Cifuentes O. et al. (2,001) del Instituto de Ciencia y Tecnología –ICTA- sub región VII-2 Huehuetenango, realizaron una investigación con el objetivo de determinar un calendario de riego con el método tensiométrico para el cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L).

Los resultados obtenidos indicaron que la frecuencia adecuada para el cultivo de arveja china fue de 6 días, así mismo la lámina de riego acumulada durante el ciclo del cultivo fue de 334.20 mm, distribuidos en 17 riegos de la siguiente manera: los primeros tres riegos se aplicaron para establecer el cultivo con una lámina de 22.78 mm cada uno aplicándolos a intervalos de 4 días, para las etapas de crecimiento, floración y fructificación, se aplicaron 14 riegos de 18.99 mm, a intervalos de aplicación de 6 días.

En cuanto a la frecuencia y lamina de riego aplicada por el tratamiento testigo fue la siguiente: el agricultor aplicó dentro de su calendario tradicional una frecuencia de riego de 5 días, una lámina acumulada total de riego de 390.30 mm, distribuidos en 18 riegos, es decir, que el agricultor aplicó una lámina de riego de 44.07 mm más que el tratamiento experimental. Se aplicaron para ambos tratamientos tres riegos para el establecimiento del cultivo, aplicando una lámina de 68.34 mm, con una frecuencia de 4 días.

Los rendimientos obtenidos en peso fresco de arveja china para el calendario de riego determinado por tensiómetros fue de 16.09 t/ha, respecto a 14.05 t/ha obtenido por el calendario de riego tradicional del agricultor.

En cuanto a la eficiencia de uso (EU) del agua de riego, el calendario de riego determinado por tensiómetros obtuvo 4.35 kilogramos de producción de arveja china por metros cúbico de agua aplicada, en tanto el calendario tradicional del agricultor obtuvo una eficiencia de 3.38 kg/metro cúbico, así mismo la rentabilidad obtenida por el

calendario tradicional del agricultor fue de 13.05%, respecto a 32.95% obtenido por el tratamiento experimental.

De lo anterior descrito podemos decir que el calendario de riego determinado por tensiómetros fue el mejor y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), ya que con el mismo se ahorra 943.40 lt/kilogramo de producción, con costos menores, mejor eficiencia de uso de agua para riego, rendimientos superiores y por consiguiente la mejor rentabilidad; por lo que se sugiere o recomienda su validación en más sitios experimentales.

Tovar et.al (2,001) del Instituto de Ciencia y Tecnología –ICTA- sub región VII-2 Huehuetenango, realizaron una validación de un calendario de riego determinado por tensiometría para el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica*), en cinco comunidades del municipio de Todos Santos C. del departamento de Huehuetenango en el año 2001.

En el estudio se utilizó un arreglo estadístico de parcelas apareadas, con cinco repeticiones donde el calendario de riego determinado con tensiómetros, se constituyó en el tratamiento “A” y el calendario de riego tradicional del agricultor en el tratamiento “B”.

El calendario de riego determinado con tensiómetros que se validó en el estudio es el siguiente: una lámina de riego total acumulada de 418 mm, distribuida en 14 riegos, con intervalos y láminas de riego de acuerdo a la etapa fenológica de la planta. Así, 3 se aplicaron en la primera fase del cultivo, con láminas de 26.1 mm y con un intervalo de 5 días. Durante la etapa de crecimiento vegetativo se aplicaron 6 riegos, con un intervalo de 6 días entre ellos y con una lámina de 31.32 mm, y en la última etapa del cultivo, se establecieron 5 riegos con intervalos de 6 días, pero con una lámina de 31.40 mm los primeros 4 riegos y un último de 26.18 mm cuando solo existía en el campo, aproximadamente el 25 o 30% de la producción.

Los resultados mostraron, que al utilizar el calendario de riego determinado con tensiómetros, se obtuvo un rendimiento medio de 18.81 t/ha, y con el calendario de riego tradicional 17.34 t/ha, con rentabilidades de -14.10% y -24.96% respectivamente debido a los precios establecidos por las compañías agro exportadoras, así también un ahorro de agua de 961.54 lt/kg de producción y de mano de obra, además presentó la mejor eficiencia de uso del agua de riego (Kg/metro cúbico), con 4.5 Kg/m³ respecto a 3.46 Kg/m³ y que al realizar la prueba de “t”, hubo una diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento (t/ha) y la eficiencia de uso de agua de riego (Kg/m³), respecto al calendario de riego utilizado por los agricultores.

De acuerdo al presupuesto parcial se obtuvo una tasa de retorno marginal de 190.68% (mano de obra utilizada en la aplicación de riego por tratamiento), esto significa que el hecho de cambiar de calendario de riego tradicional al determinado por tensiómetros, el agricultor al invertir Q. 100.00 recupera dicho monto y obtiene Q. 190.68 de ganancia.

Al analizar los resultados obtenidos podemos observar que la implementación de calendarios de riego validados en los diferentes cultivos permite optimizar el uso del agua de riego e incrementar los ingresos a los productores, por tanto se recomienda a las instituciones gubernamentales y no gubernamentales la extensión de los resultados, al resto de los agricultores de las comunidades de Mash, Batzalon, Chicoy y Tuipat, excepto en la aldea Tzajualá, que por condiciones climatológicas (altitud), presentó rendimientos muy bajo y mala calidad del producto.

Carrillo, et.al (2,001) del Instituto de Ciencia y Tecnología –ICTA- sub región VII-2 Huehuetenango, realizaron un estudio en el año 2000, sobre la determinación de la frecuencia y lámina de riego para el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), bajo condiciones de la aldea Quisil, municipio de San Juan Ixcoy departamento de Huehuetenango.

El objetivo del presente estudio fue elaborar un calendario de riego para la producción del cultivo de cebolla, a través del método de tensiometría, determinando para ello la

frecuencia y la lámina óptima de riego así como la eficiencia respecto al método tradicional del productor.

La metodología utilizada fue la siguiente: se manejó una parcela haciendo uso de tensiómetros a dos diferentes profundidades, en donde el tensiómetro más superficial nos determinó la frecuencia y el de mayor profundidad nos determinó la lámina, y otra parcela utilizando la frecuencia y láminas de agua aplicadas por los productores del área.

Con el método tensiométrico se aplicaron 14 riegos, 8 menos que con el calendario testigo (utilizado por el productor), lo que al final representa un mayor intervalo de días entre los riegos. Así entonces, con el método convencional de irrigación se regó a cada 4.81 días en promedio, cifra que es bastante representativa del manejo del riego en el cultivo de cebolla en esa área, a diferencia del nuevo método que regó con frecuencia de a cada 7.57 días en promedio. La lámina total aplicada para el nuevo método fue de 437.14 mm, utilizando 361.53 mm. Menos que con el método convencional.

Se estableció una mejor tasa de la eficiencia del uso del agua, al utilizar el calendario determinado por el método tensiométrico, presentando una tasa de 6.83 kilogramos de cebolla producido por cada metro cúbico de agua utilizado, a diferencia del calendario testigo que presentó una tasa de 3 kilogramos de cebolla producida por metro cúbico de agua de riego utilizada.

Cifuentes O. (1,999) investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola –ICTA- sub región VII-2 de Huehuetenango, realizó un estudio sobre la determinación de un calendario de riego para el cultivo de brócoli a través del método de tensiometría en 1999 en la aldea Tuiapat municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango.

El objetivo del estudio fue: determinar un calendario de riego basado en el método de tensiometría, por medio del cual se proveerá de una recomendación fundamentada en

las necesidades hídricas de la planta y en su interacción con el medio edáfico-climático de la región.

Los resultados mostraron que la frecuencia de riego óptima determinada, estableció un número total de 14 riegos, distribuidos con intervalos y láminas de acuerdo a la etapa fisiológica del desarrollo de la planta. Así de estos 14 riegos, 3 se aplican en los primeros 14 días del cultivo, con láminas de 26.1 milímetros y con un intervalo de 5 días. Durante la etapa de crecimiento vegetativo se plantean 6 riegos, con un intervalo de 6 días entre ellos y con una lámina de 31.32 milímetros. Y en la última etapa del cultivo, se establecieron 5 riegos con también 6 días de intervalo, pero con una lámina de 31.40 mm. Los primeros cuatro y un último de 26.18 mm cuando solo quede en el campo aproximadamente el 15 ó 20% de la producción.

Al final se evidenció la diferencia entre la utilización del calendario basado en tensiometría y el tradicional, al establecer las tasas de eficiencia del uso del agua de acuerdo al volumen de agua utilizado por kilogramos de brócoli producido. Así el calendario testigo utilizó 253 litros de agua de riego por cada kilogramo de brócoli producido a cambio del nuevo calendario que utilizó solamente 185 litros de agua de riego por cada kilogramo de brócoli.

Longo F. (1,998) investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola –ICTA- sub región VII-2 Huehuetenango, realizó un estudio comparativo de dos dispositivos de aspersión: aspersión wobbler marca senninger de boquilla 10 y aspersor convencional de plástico marca NANA sectorial.

El objetivo es determinar cuál de los dos dispositivos ofrece mejores ventajas en la producción de brócoli, en cuanto a su eficiencia en la aplicación del agua de riego. Se encontró que el aspersor NANA brinda mejor eficiencia, ya que por cada metro cúbico de agua aplicada rinde 2.59 kg. De brócoli, en tanto que el aspersor wobbler rinde 0.96 Kg. de brócoli por la misma cantidad de agua aplicada.

Por otro lado las bajas presiones de trabajo permiten que los aspersores wobbler posean mejor distribución del caudal por metro cuadrado de área regada 0.1062 contra 0.0311 del aspersor convencional NANA, siempre que sea en área pequeña (200 a 300 m²) y a bajas presiones de trabajo, menor de 35 psi.

Se concluye que en general el aspersor wobbler no es una opción económica ni técnica viable para áreas grandes (más de 400 M²), y puede ser una opción alternativa si es para áreas menores de 300 m² donde la presión de trabajo puede ser eventualmente muy baja (menor de 30 psi).

Romero R. (1,998) revista agricultura, publicó un documental titulado la calidad del agua y su importancia en el riego y fertiriego. El agua para riego debe ser analizada tanto en la época seca como en invierno, pues su calidad depende de la cantidad y del tipo de sales que la componen, además varía según su localización y fuente. El agua proveniente de pozos, puede contener bastantes nitratos o hierro, las municipales mucho sodio, cloruro, las de escorrentías que dan a estanques o lagunas pueden contener fertilizantes, pesticidas o sales provenientes de fincas cercanas o de las calles. Adicionalmente la calidad del agua también varía según la estacionalidad debido a la fluctuación del nivel freático a causa de las lluvias o época seca.

Estos criterios, en la mayoría de casos son considerados en la fase de diseño una sola vez, sin embargo, es necesario considerar que al momento de diseñar sistemas de riego se debe tener el cuidado que la calidad del agua debe ser monitoreada con mayor frecuencia, pues debido a la mala calidad del agua muchas veces de tienen problemas de infertilidad de suelos, reacciones de acidez o alcalinidad con los pesticidas y por consiguiente rendimientos muy bajos en los cultivos.

Solórzano P. (2,000) revista agricultura, documento unas experiencias sobre cómo mejorar la calidad del agua de riego. Dicha experiencia es de un grupo de productores de ornamentales de florida, explican que el agua cargada con electrones puede llegar a

eliminar el gasto de químicos ablandadores y al mismo tiempo producen plantas más sanas y de mejor calidad en menos tiempo.

Varios de estos productores están convencidos de que el agua cargada con electrones ha disminuido el período de producción de algunas especies. Argumentan que usualmente tomaba 9 meses producir calatheas, con el agua tratada se logra en 5 meses.

Decidieron montar un ensayo para probar la efectividad de un aparato llamado aquatron (dispositivo que carga el agua de riego con electrones), la unidad de tratamiento del agua está funcionando bien y ha contribuido a eliminar las manchas de calcio sobre las hojas, sin la aplicación de químicos ablandadores.

Como resultado argumentan que en 6 meses se calcula ahorrar 5,000 dólares en concepto de químicos.

Estas tecnologías permiten contribuir con la eficiencia de los sistemas de riego y en la mayoría de empresas que trabajan en la producción de pilones y hortalizas bajo invernaderos ya las están poniendo en práctica a nivel del país de Guatemala.

Cornejo A. (1,990), basado en datos de sanidad vegetal (DIGESA), menciona que el valor de las exportaciones generadas en los proyectos de riego del altiplano, oscilan con un porcentaje del área regada del 60 por ciento, en 18 mil dólares por hectárea originados de solamente 5 cultivos de hortalizas, los que requieren más de 3 mil jornales al año por hectárea, lo cual provoca una generación de empleos permanentes de 124,751, así como una generación de divisas de 5,147 millones de dólares al año, representando un modo de vida y sostén de muchas familias del occidente de la república.

La implementación de los sistemas de riego por aspersión en Guatemala, surge a partir de 1,979; a finales de 1,990 se habían construido 307 unidades de riego con una

cobertura de 2500 Has. En la zona centro occidental los sistemas de riego ejecutados cubren un área de 1568 Has., con 5154 familias beneficiadas a un costo total de 2,427,559 dólares, al cual corresponde el 81 por ciento de las hectáreas regadas por el sector privado y riego estatal (unidades de riego por infraestructura para riego por gravedad).

De acuerdo a entrevistas realizadas a técnicos de las entidades financiadas de los proyectos de riego, específicamente DIGESA y BANDESA, manifestaron que la mayoría de los créditos concedidos para la instalación de los sistemas de riego se encontraron ya debidamente cancelados, lo cual se considera como un éxito de aceptación y utilidad que los mismos tuvieron dentro de los usuarios.

En lo referente a la asesoría técnica, todos los encuestados manifestaron haber recibido algún tipo de la misma por parte de DIGESA cuando les entregaron los proyectos, actualmente es muy poca o nada la asistencia técnica que reciben de instituciones del sector público y otras instancias.

1.1 Sistema de riego por aspersión

1.1.1 Concepto/definición

Ede (1964), es un método por medio del cual se conduce el agua a presión hasta el terreno donde se aplica semejando al agua de lluvia.

1.1.2 El sistema de riego por aspersión

El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia" localizada. Con este método de riego el agua se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando unos dispositivos de emisión, generando un chorro de agua pulverizada en forma de gotas. El agua llega a estos emisores, denominados aspersores, a través de una red de tuberías a una presión determinada, por lo cual es necesario un sistema de bombeo apropiado. Rolland, L. (1,986).

Las ventajas que presenta el riego por aspersión son:

- Permite regar terrenos ondulados o pocos uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo,
- Puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes,
- Se aprovecha más la superficie de cultivo al no destinar parte del suelo a canales y acequias,
- Existe una mayor posibilidad de mecanización de los cultivos, ya que se eliminan los propios del riego por superficie,
- Es el mejor método para realizar lavado de sales, ya que tienden a desplazarse junto con el agua hasta capas más profundas del suelo quedando fuera del alcance de las raíces,
- Podemos aplicar sustancias fertilizantes y algunos tratamientos químicos junto con el agua de riego,
- Admite cierto grado de automatismo,
- Se adapta a la rotación de cultivos, siempre y cuando el diseño de la red de distribución se realice para el cultivo que tenga mayores necesidades de agua.

Los principales inconvenientes de este sistema son:

- Dependiendo del tipo de sistema que se implante puede hacer falta una gran inversión inicial y de mantenimiento, además del alto costo energético que supone el funcionamiento de la instalación, al necesitar importantes sistemas de bombeo para dotar a la red de tuberías de la presión adecuada. Rolland, L. (1,986),
- El viento es un factor que puede dificultar el reparto uniforme del agua, disminuyendo la uniformidad de aplicación y la eficiencia del sistema de riego,
- Aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades al humedecerse la parte aérea del cultivo,

- Algunos cultivos pueden sufrir quemaduras en las hojas dependiendo de su sensibilidad y de la calidad del agua de riego, puesto que al evaporarse las sales pueden quedar concentradas en exceso.

Para conseguir un buen riego por aspersión son necesarios

- Presión en el agua,
- Una estudiada red de tuberías adecuadas a la presión del agua,
- Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución,
- Depósito de agua que conecte con la red de tuberías.

Presión en el agua: Es necesaria por dos motivos: la red de distribución se multiplica en proporción a la superficie que debemos regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y a la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión (aspersores) con el fin de conseguir un riego uniforme. La segunda razón es que la presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los aspersores al mismo tiempo bien sean fijos o móviles, de riego más pulverizado o menos. Rolland, L. (1,986).

En el caso de que la presión de la red no sea suficiente se deberá instalar un motor que dé la presión suficiente desde el depósito hasta los aspersores.

Red de tuberías: En general la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores. Todo esto supone un estudio técnico adecuado ya que de él dependerá el éxito de la instalación.

Aspersores: Los más utilizados en la agricultura son los giratorios porque giran alrededor de su eje y permiten regar una superficie circular impulsados por la presión del agua, aunque en el mercado los hay de variadas funciones y distinto alcance. Son

parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance etc. deben formar parte del estudio técnico antes mencionado.

Depósito del agua: Desempeña dos funciones: la de almacenamiento del agua suficiente para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y el motor de impulsión de esa agua a la presión necesaria para el riego calculado. Rolland, L. (1,986).

Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión:

Ventajas:

- Ahorro en mano de obra: Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en el mercado eficaces programadores activados por electro válvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas. Con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente,

- Adaptación al terreno: Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras,

- La eficiencia del riego: por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema,

Especialmente útil para distintas clases de suelos: ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

Inconvenientes:

Daños a las hojas y a las flores: Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas. Rolland, L. (1,986).

Requiere una inversión importante: El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, los manguitos, las válvulas, los programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a medio plazo está asegurada.

El viento puede afectar: En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.

Aumento de enfermedades y propagación de hongos: debido al mojado total de las plantas.

Las naciones en desarrollo cuentan con recursos limitados y su población crece en forma exponencial. El incremento de la producción agrícola demanda, a su vez, la ampliación de áreas de riego y mayor consumo de energía. Los recursos energéticos son también limitados, y sin embargo una mayor demanda de estos recursos se requerirá para lograr una agricultura sostenible. Rolland, L. (1,986).

Por ello, para alcanzar un desarrollo agrícola sostenido, el riego tendría que planearse y manejarse con criterios de conservación, tanto del agua como de la energía.

El dominio sobre el agua es un factor clave para el desarrollo agrícola. Sin llevar demasiado lejos la ley del mínimo de Liebig se podría decir que la satisfacción de exigencias relacionadas con el balance hídrico de los suelos cultivados, condiciona el posible aprovechamiento de otros recursos tecnológicos hoy a disposición de la agricultura.

Las técnicas de captación, regulación, conducción y utilización del agua de riego (del latín rigare, esparcir agua sobre una superficie) contribuye a que dicho factor de producción no sea limitante y constituye el objeto inmediato del Estudio de los riegos.

La modernización de sistemas de riego se considera una respuesta para alcanzar y mantener eficiencias altas en el uso del agua. En países en desarrollo esta

modernización reemplaza, a menudo, a los sistemas de riego de trabajo intensivo y bajo consumo de energía, por sistemas más sofisticados y con mayores requerimientos de energía y de capital. En muchos casos, el funcionamiento de tales sistemas es inferior a lo esperado, con resultados desalentadores en términos de conservación de agua y energía y en los rendimientos de los cultivos. Rolland, L. (1,986).

La mejora en la utilización del agua tanto en la agricultura de secano como en la de regadío es fundamental para afrontar las situaciones previstas de escasez de agua. La mejora de la utilización o de la productividad del agua se entiende frecuentemente en términos de obtener la mayor cantidad de cultivos posible por volumen de agua: "más cultivos por gota".

Los primeros sistemas de riego autopropulsados fueron desarrollados en Nebraska, Estados Unidos, en 1948. Desde ese momento, se ha producido un constante mejoramiento de los equipos, hasta llegar a los actuales pivotes centrales y laterales de avance frontal.

El lateral de avance frontal puede ser considerado como una adaptación del pivote central en el cual el sistema de riego se mueve linealmente sobre el campo. La estructura es similar a la del pivote, con la diferencia que la torre de mando se mueve con el resto del equipo. También pueden ser dotados de cañones de riego en los extremos del lateral. La superficie de riego es rectangular e idealmente el recorrido del equipo debe ser dos o tres veces la longitud del lateral, puesto que de ser menores, los costos por unidad de superficie aumentan. Por otra parte, sólo se recomiendan superficies más largas si se usan dos o más cultivos con diferente período crítico de humedad. Estos equipos se abastecen de agua a lo largo de todo el recorrido del lateral. Rolland, L. (1,986).

Estos equipos de riego han experimentado una gran expansión en los últimos años debido a los siguientes factores:

- 1) La alta eficiencia de aplicación de agua que pueden alcanzar si son bien utilizados;

- 2) El grado de automatización que los caracteriza, con lo que disminuyen las labores respecto a otros métodos de riego;
- 3) La capacidad para aplicar agua y nutrientes solubles en una amplia gama de suelo, cultivos y condiciones topográficas.

La eficiencia de aplicación obtenida es alta (85-90 %) mientras que en riegos por escurrimiento como máximo se alcanza al 70%.

Aun cuando no existe tiempo de escurrimiento, y por tal motivo se podría obtener un 100% de eficiencia en riego por aspersión, ello no ocurre en realidad dado a la diferente intensidad de precipitación entre la cabeza y el pie de la línea; diferencia esta, que aun en los equipos bien diseñados, representa un 10%.

Se producen además pérdidas por evaporación, desde la gran superficie que representan las innumerables gotas en que se fracciona el caudal que eroga el aspersor. Tal cual fue comprobado experimentalmente y carecen de significación en condiciones de alta humedad atmosférica y baja temperatura, pero adquieren importancia en climas áridos en condiciones de elevado poder evaporante de la atmósfera. Ensayos realizados en Mendoza, concluyeron en pérdidas medias del 11,5%. Rolland, L. (1,986).

1.1.3 El sistema de riego coordinado

Saint (1975), los sistemas de riego, deben considerarse en el diseño como sistemas coordinados, debido a costos relativamente bajos, flexibilidad, utilidad y mejor eficiencia en la operación.

Cada método tiene propiedades tanto positivas como negativas, y en consecuencia han sido preparados los sistemas con que los diversos métodos se coordinen para explotar los atributos positivos de cada uno al máximo posible. Aunque la coordinación de los diversos métodos es la solución natural de muchos problemas del riego, generalmente

se considera que no es factible, tanto técnica como económicamente, debido a las necesidades diferentes de diseño, aparentemente distintas, entre los diversos métodos de riego.

Para el riego por aspersión el agua tiene que estar a presión y sin embargo gastos relativamente pequeños son considerados popularmente como adecuados para un trabajo con éxito. Por otra parte, las necesidades del riego superficial son grandes gastos concentrados sin presión. El hecho es que el sistema coordinado, el de la aspersión, el de las corrugaciones y el del aniego, pueden emplearse en el mismo campo de acuerdo con la necesidad, y esto no sólo es más eficiente de lo que sería con cada método por separado, sino que es mucho más barato de construir y de operar.

Aunque todo lo anterior parezca ser contradictorio, no lo es del todo, especialmente para la agricultura de riego en escala comercial e industrializada. Los problemas por resolverse para que los beneficios puedan gozarse no son difíciles cuando se proporcionan longitudes de recorrido de riego superficial, tal como se recomendó al analizar las corrugaciones y melgas en el sentido de la pendiente dominante, utilizando el surco formado con la maquinaria. Saint (1975)

Esto facilita el uso de gastos unitarios relativamente pequeños para el riego superficial eficiente y permite un riego superficial rápido o también un tratamiento por aspersión, así como el formar una capacidad de reserva para cualquier parte de un campo que pueda servir como una unidad de rotación. Esta capacidad grande en cualquier caso es esencial para resolver muchas de las desventajas del riego por aspersión. Además, en este caso es posible regar tanto de día como de noche, haciendo riego superficial en las horas del día y riego por aspersión en la noche.

El costo de un sistema coordinador es relativamente bajo, debido a su flexibilidad de operación y sólo se necesita una red de riego que sirva como esqueleto para satisfacer todas las necesidades.

Debido al costo de la obra, a la flexibilidad y utilidad y a la eficiencia de irrigación de este sistema que es mucho más favorable que la de cualquier método de riego operado en forma separada, todas las modernas obras de riego deben diseñarse como sistemas coordinados. Saint (1975)

Sistemas coordinados con énfasis principal en el riego por aspersión:

Saint (1975), estos sistemas deben emplearse principalmente para terreno inclinado con suelos delgados o muy ligeros, en donde la parte principal de la rotación está constituida por cultivos de raigambre profunda. Aquí la red de apoyo debe constar de líneas permanentes de presión conectadas en su cabecera aun depósito de almacenamiento de servicio y a una estación central de bombeo (esta última cuando no haya disponible presión por posición para hacer la aspersión). En este caso, también el espaciamiento puede ser hasta de 900 a 1200 m, lo que generalmente sólo está limitado por la clase de rotación de cultivos, la propiedad de los predios y peculiaridades de carácter topográfico. Con la introducción de mangueras de presión flexible de diámetro grande para utilizarlas como laterales de aspersión, los laterales muy largos se han vuelto prácticos y económicos. Con el incremento de pendiente, el gasto unitario necesario por surco disminuye rápidamente, lo que se debe a que en este caso la red de tubería de presión con pocos ajustes relativamente, puede hacer que conduzca adecuadamente un mayor gasto para riego superficial. Puede necesitarse un ajuste para que los tamaños de la tubería estén en proporción con el espaciamiento entre una y otra línea. Además, las líneas largas de conducción de aspersión, tienen que empezar con diámetros grandes de tubería que gradualmente disminuyen conforme el abastecimiento a los laterales que tienen que atender se vuelve más pequeño. Sin embargo, es posible alargar las tuberías de diámetro grande en los tramos superiores y compensar tanto para presión como para costos, alargando los diámetros pequeños de los tramos inferiores, eliminando así algunos de los diámetros intermedios. Esto no afectaría la adecuada operación de los aspersores, sino que también facilitaría la conducción de gastos grandes dentro de tramos operativos (longitud del recorrido del agua) de las partes más bajas del campo para riego superficial. Saint (1975) Un requisito previo adicional es que los tubos levantadores de las líneas de conducción del

riego tienen que facilitar la entrada de grandes gastos concentrados con poca pérdida de presión para usarse con tuberías de compuertas y mangueras de aniego. Sin embargo, los levantadores deben ser adaptables a la capacidad mucho más pequeña de los laterales de aspersión y facilitar el control del gasto para cualquier necesidad. En los tamaños más pequeños de tubería de los tramos más bajos son suficientes los levantadores de sistemas de aspersión ordinarios, porque no alimentan ningún riego superficial.

Uso agrícola de los sistemas de riego por aspersión:

Hurd (1974) y Zimmerman (1982), mencionan que tanto los sistemas de riego superficial como los de aspersión pueden adaptarse para que apliquen fertilizantes y mejoradores del suelo, junto con el agua de riego. Sin embargo, el sistema por aspersión puede adaptarse también para aplicar herbicidas e insecticidas, para el control de heladas y aplicaciones enfriadoras. Todos estos fines antes mencionados pueden servirse convenientemente con un sistema de aspersión de posiciones compactas, automáticamente.

Gómez (1982), indica que la distribución de los abonos con el agua de riego se está haciendo popular en muchas zonas, este método es atractivo por las economías en la mano de obra y en equipo, además, las reacciones visibles de las plantas, que son a menudo más rápidas que con los tratamientos usuales con abonos secos. El mismo autor cita que la distribución de los principios nutritivos de las plantas no es mejor que la distribución del agua de riego en la que están disueltas.

1.1.4 Relaciones entre la planta-agua-suelo

1.1.4.1 Mecanismo de las relaciones entre la planta y el agua

a) La absorción:

Zimmerman (1985), el agua del suelo es absorbida por la planta por medio de los pelos absorbentes de su sistema radicular. La entrada en el interior de la célula vegetal se hace por imbibición de ésta y por un fenómeno de osmosis.

El hecho de que la célula esté protegida por una membrana constituye un obstáculo para el agua y para las materias en solución. El agua penetra en el interior de la célula gracias a la presión osmótica ejercida por el jugo celular, fuerza que es equilibrada por la presión ejercida por la célula misma sobre sus paredes. Esta presión (turgencia) crece a medida que aumenta el agua contenida en la célula. Zimmerman (1985).

b) El transporte del agua:

El agua tomada por las raíces debe ser llevada hacia las células donde será, bien fijada, bien transpirada, después de haber dejado las sales minerales que transportaba. Los vasos y los tubos cribosos aseguran la conducción del agua, de las materias orgánicas y de las sales minerales.

Las células se comportan con relación al agua exactamente como tuberías, originando pérdidas de carga que son proporcionales al tamaño de los canales y a la fuerza de succión de la planta (presión) la cual varía como se ha dicho antes de una planta a otra e igualmente con el estado de la vegetación. Zimmerman (1985).

c) La transpiración:

Una parte del agua absorbida por la planta sirve únicamente para el transporte de las materias nutritivas; para que el aprovisionamiento sea regular, es necesario que el movimiento en la planta sea continuo. Esta eliminación se produce al nivel del sistema foliar por expulsión de agua hacia la atmósfera bajo forma gaseosa.

La difusión del agua se hace a través de membranas celulares hacia las lagunas intercelulares, después la expulsión en forma de vapor se realiza por los ostíolos de los estomas. La cantidad de agua transpirada depende de la diferencia de presión del vapor de agua existente en la atmósfera y en las lagunas intercelulares, así como de la apertura o del cierre de los estomas; estos estomas tienen un papel importante en la regulación de los movimientos del agua en la planta; obrando un poco como pequeñas compuertas de equilibrio; un cierto número de factores influyen sobre sus movimientos de apertura y de cierre y en particular. Zimmerman (1985).

La cantidad de agua contenida en las células: si la planta sufre una falta de agua, bien a causa de un déficit de aprovisionamiento, bien por una transpiración o una exudación superior a lo normal (días muy cálidos y muy secos), los estoma pueden cerrarse a medias o cerrarse completamente como ocurre a pleno sol porque entonces se produce un reflejo de autodefensa de la planta que limita sí su consumo en función de la alimentación; esta observación es importante porque se ve que, lo mismo en presencia del agua en cantidad suficiente; la planta puede detener su consumo; se deberá pues al máximo asociar al riego los procesos mecánicos cuya finalidad en particular sea disminuir el efecto evaporante de los vientos.

1.1.4.2 Mecanismos de las relaciones entre el agua en la planta

Zimmerman (1985), como se ha visto el agua que penetra en la planta una parte es retenida y otra evaporada. Estas dos cantidades no son iguales. Una pequeña parte se fija, es la que se llama agua de constitución. La mayor parte que, después de haber transportado las materias nutritivas, es evaporada, se llama agua de vegetación.

a) Agua de constitución:

Las células vivientes están, como se ha dicho, esencialmente constituida por agua. Sin embargo, no todas contienen cantidades semejantes.

b) Agua de vegetación:

Se ha visto que, para que el desarrollo de una planta sea normal, el movimiento del agua, que sirve de vehículo, debe ser continuo. El regulador de este movimiento es la transpiración, a medida que es más intensa, mayor es el movimiento del agua, entonces la cantidad de agua consumida será importante. Zimmerman (1985).

c) Consumo total:

La cantidad de agua total necesaria para el desarrollo de una planta es la suma de agua necesaria para su constitución y la necesaria para su vegetación, a las cuales hay que añadir eventualmente las cantidades de agua directamente evaporadas por el suelo

e igualmente aquellas consumidas por las malas hierbas, ésta es importante para aquellas plantaciones que no ocupan más que una pequeña parte del suelo, vergeles por ejemplo.

d) La Evapotranspiración:

Además A lo anteriormente expuesto (agua de constitución y de vegetación) deben añadirse las cantidades de agua directamente evaporadas por el suelo o que utilizan otros vegetales perjudiciales o diferentes. El conjunto de estos consumos constituye la evapotranspiración.

Se dice que una planta se encuentra en estado de evapotranspiración potencial cuando tiene la posibilidad de absorber toda el agua que necesita y su estado de desarrollo es normal.

1.1.4.3 Mecanismos de las relaciones existentes entre el suelo y el agua

Zimmerman (1985), todo lo establecido hasta ahora, se ha basado exclusivamente en las relaciones que pueden existir entre la planta y el agua sin considerar el suelo, soporte de la planta y depósito del agua.

La relación del suelo con relación al agua; es que contiene, retiene o deja de absorber ésta sólo en ciertas condiciones bien determinadas.

Cada tipo de suelo se caracteriza: por la forma en que se encuentran distribuidas las partículas que lo componen, por la facilidad con que el agua puede penetrar y ser retenida y por la mayor o menor facilidad con que deja absorber el agua que contiene.

La determinación de estos tres caracteres lleva aparejado el conocimiento de los elementos siguientes para cada tipo de suelo: a) su granulometría, b) su estructura, c) su permeabilidad y d) su capacidad de retención.

a) Granulometría: Muy esquemáticamente, los suelos están constituidos por partículas sólidas más o menos grandes, yuxtapuestas y ligadas entre sí por coloides minerales u orgánicos que ocupan parcialmente los huecos. Los suelos son clasificados según el tamaño relativo de sus constituyentes de forma estadística.

La forma en la cual las partículas están ligadas por los coloides, define la estructura. Estas formas no son estables y pueden evolucionar bajo la influencia de productos químicos (abonos) o de procesos mecánicos (laborales culturales).

A medida que la textura es más fina y la estructura más compacta, el suelo es más fuerte, difícil de labrar y las plantas tienen mayores dificultades para hacer penetrar sus raíces. Al contrario una estructura abierta y una textura media, caracterizan los suelos ligeros, fáciles de labrar y fácilmente penetrables por los sistemas radiculares. Zimmerman (1985).

b) Porosidad: Las partículas que constituyen el suelo, cualquiera que sea su disposición, dejan entre sí, según su tamaño unos huecos más o menos grandes. Estos huecos pueden estar ocupados bien por el aire, bien por el agua (micro o macro porosidad) y ellos en razón inversamente proporcional. Si se conoce la cantidad de aire retenido, se puede deducir la cantidad de agua e inversamente. Sin embargo, es necesario apuntar que la falta total de aire y su sustitución por el agua llevan a que el suelo sea asfixiante.

c) Retención y circulación: Un suelo puede admitir, según sus características, cantidades de agua renovables, pero comprendidas siempre dentro de los límites que van desde su encharcamiento total (en este caso el agua desplaza el aire del suelo y ocupa su lugar) hasta la desecación casi completa.

La humedad de un suelo puede ser expresada de la manera siguiente: bien por el cociente del peso del agua y de la tierra seca que contenía esta agua o bien ya que la casi totalidad de las observaciones anteriores se hacen "in situ", por la expresión más

cómoda del cociente del volumen de agua y el del suelo en el terreno (H_v). Entonces tendremos $H_p = H_v (D_a \text{ densidad aparente})$

$$D_a$$

Retención: El agua del suelo está sometida a una serie de fuerzas, principalmente la gravedad, la atracción, la tensión capilar y la presión hidrostática.

Todas estas fuerzas, excepto la gravedad, son muy variables y dependen no sólo del suelo sino del agua y de la posición de uno con respecto a la otra, así como de las cantidades de agua que tiene el suelo. Zimmerman (1985).

Circulación del agua de gravitación-permeabilidad:

a) Circulación del agua capilar:

El agua sometida a las fuerzas de tensión capilar circula en el suelo, lentamente por cierto, pero de una forma no despreciable que permite explicar claramente los fenómenos de desecación de los suelos.

De hecho, parece que las aguas circulan bajo los efectos de diferentes tensiones, estas tensiones son más elevadas en las zonas secas que en las zonas húmedas. La fuerza de infiltración del agua se llama entonces velocidad de difusión capilar, su intensidad es pequeña, ya que no alcanza, según Hallaire, apenas más de 1 mm por día para los limos de la región de Versailles.

b) Ascensión capilar:

Las zonas del suelo en contacto con la capa freática se comportan con respecto a ésta, como una esponja, el agua asciende por los canales sumamente pequeños constituidos por los espacios entre las partículas. Las capas inferiores quedan saturadas y la cantidad de humedad disminuye progresivamente hacia arriba.

Conviene hacer notar que, si los elementos finos tienen tendencia a atraer el agua más hacia arriba que los elementos gruesos, por el contrario la velocidad de difusión varía en sentido inverso. Zimmerman (1985).

c) Tensión capilar y pF:

Las moléculas del agua son retenidas por el suelo debido a las fuerzas de succión o de absorción y de la capilaridad. Es este conjunto de fuerzas el que la planta debe vencer para poder llevar el agua donde la necesita. Sin embargo, el agua pelicular, se encuentra prácticamente inseparable de las partículas que envuelve.

Por el contrario, el agua de cohesión o capilar, interesa muy particularmente porque es con ella con la que se debe contar para el riego. Esta agua se encuentra en el suelo en una situación de equilibrio precario de forma que cualquier intervención exterior puede variarlo: la lluvia que destruye el equilibrio y obliga al agua de cohesión a quedar libre; la planta, así como la evaporación que ejercen una succión, rompen el equilibrio. Zimmerman (1985).

d) Capacidad de retención o capacidad capilar: Los valores principales de la humedad del suelo son: la capacidad de retención, el punto de saturación y el punto de marchitamiento.

La característica del suelo, de poder retener el agua, constituye su capacidad de retención, varía según los suelos en proporción inversa del tamaño de sus constituyentes.

Las arenas y las gravas retienen menos agua que las arcillas, por ejemplo: Para las arcillas y los limos arcillosos, la capacidad de retención varía entre el 35 y el 40%. Por el contrario para las arenas y las gravas, no alcanza más que del 6 al 3%.

Si una vez alcanzada la capacidad de retención, el suelo continúa recibiendo agua, ésta desaloja el aire de los huecos existentes entre las partículas; el agua está sometida entonces en parte a las fuerzas gravitatorias y circula más o menos libremente, el suelo se hace entonces impropio para recibir los cultivos, pues es totalmente asfixiante. En el momento en que la humedad es máxima se alcanza el llamado punto de saturación. Zimmerman (1985).

En los riegos no se deberá jamás sobrepasar la capacidad de retención, ya que por encima de ella el agua se pierde por precolación o en el caso en el cual las capas inferiores del suelo están saturadas, convierte las capas superficiales en asfixiantes.

El agua que es retenida es a la vez consumida por la evaporación e igualmente tomada por la planta; la cantidad de agua disminuye entonces hasta el momento en el cual las fuerzas de succión de la planta son iguales a la fuerza de retención capilar de las partículas, no hay entonces más agua disponible para la planta; el punto de marchitamiento se ha alcanzado y a partir de este momento, la planta comienza a marchitarse; el mantenimiento prolongado de la planta en el punto de marchitamiento provoca accidentes importantes en la vegetación.

Cuando el punto de marchitamiento se sobrepasa, el agua contenida en el suelo puede continuar siendo evaporada hasta un cierto límite en el que las fuerzas que retienen el agua alrededor de las partículas llegan a ser muy importantes, se establece un cierto equilibrio y se alcanza el punto de higroscopicidad.

e) Humedad equivalente:

Cuando se calcula la capacidad de retención de un suelo a menudo heterogéneo, la presencia especialmente de materias orgánicas la modifica sensiblemente; sin embargo, se tiende a sustituir esta noción por la de humedad equivalente cuya determinación se realiza en laboratorio sobre muestra de tierra.

f) Perfil hídrico del suelo:

Se ha visto que el agua contenida en el suelo no es enteramente movilizable por la planta y lo mismo ocurre aunque no se considere la capacidad de succión de cada especie, es pues importante determinar la cantidad de agua útil puesta a disposición de los vegetales.

g) Relación entre la planta, el agua y el suelo:

Todas las nociones que se han definido proporcionan una idea bastante completa aunque muy esquemática de las relaciones existentes entre la planta, el suelo y el agua.

- Falta de agua, la planta se seca,
- Bastante agua, desarrollo normal,
- Demasiada agua, se asfixia.

h) infiltración: Cisneros (1990), define este factor como una propiedad de vital importancia en el suelo, ya que es la medida del tiempo en el cuál el agua se percola en el suelo, o sea la velocidad de infiltración. Si aplicamos agua a la superficie de un suelo a una velocidad constante mayor que la infiltración básica, llegará el momento en el que el agua comenzará a exceder la capacidad de absorción del suelo y el exceso se acumulará en la superficie provocando encharcamiento. En el riego por aspersión la velocidad de infiltración del agua puede ser controlada a través de una correcta combinación de aspersores, boquillas, presiones de operación y espaciamiento entre aspersores. Se sabe que la velocidad de infiltración es igual a la intensidad del aspersor, siempre y cuando esta intensidad este abajo de la capacidad de infiltración del suelo (infiltración básica).

En un proyecto de riego por aspersión diseñado correctamente, la intensidad de aplicación se mantiene por debajo de la capacidad de infiltración del suelo, evitando así, perdida de agua y suelo por escurrimiento, y haciendo que toda el agua aplicada se infiltre en el suelo a una velocidad igual a la intensidad de aplicación. Zimmerman (1985).

i) Velocidad de infiltración: Cisneros (1990), define como la velocidad de infiltración a la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo.

j) Capacidad de campo: Colaco A. (1998), define la capacidad de campo como el contenido de humedad de un suelo expresado en porcentaje, sobre la base de peso de suelo seco; después de un riego pesado una vez se ha eliminado el exceso de agua por acción de la fuerza de gravedad, esto generalmente ocurre entre los 2 y 5 días después de que se aplicó el riego, y es una constante característica para cada suelo, que depende fundamentalmente la textura, estructura y grado de compactación. El contenido de humedad a la capacidad de campo, en un suelo ligero, es de alrededor de 10% y de 40%, a más en suelos pesados. El concepto de capacidad de campo es bastante útil para conocer la cantidad de agua disponible en el suelo para consumo de las plantas.

k) Punto de Marchites Permanente: Holdridge L (1959), define que cuando el agua en los poros capilares del suelo, es consumida por las raíces de la planta, y por la evaporación que ocurre en el horizonte superior, el contenido de humedad es deficiente hasta un determinado límite al cual la planta es incapaz de extraer el agua eficientemente por lo que se marchita. Este límite inferior se conoce como Punto de Marchites Permanente (PMP), y se define como el límite máximo de humedad por debajo del cual las plantas ya no pueden extraer eficientemente agua del suelo para efectuar un desarrollo normal.

l) Humedad Aprovechable: El contenido de humedad dentro del rango, punto de Marchites y Capacidad de campo, se define como humedad aprovechable para las plantas. El porcentaje de humedad aprovechable que se usa en beneficio de las plantas es usualmente de 50 - 80% del total.

1.1.3.4 Dirección y velocidad del viento:

Jansa (1969), argumenta que en Meteorología, el viento se define como “aire en movimiento horizontal”, entendiéndose que si tiene un componente vertical se prescinde de ella. La dirección del viento así como su velocidad, tiene gran importancia en la distribución del agua.

El viento distorsiona la distribución del agua desde la boquilla del aspersor y estas distorsiones dependen de la velocidad del mismo y del tamaño de las gotas. El viento puede causar intensidades de aplicación mucho más altas que en condiciones normales.

Este mismo autor, manifiesta que para medir la velocidad del viento están en uso 3 unidades: m/s, Km/h y el nudo. En lugar de la velocidad la llamada impropriamente fuerza del viento, pues es una presión, o sea la fuerza ejercida sobre una superficie plana normal a la dirección, que suele medirse en Kilopondio sobre metro cuadrado.

1.2 Eficiencia de distribución (ED) de agua de riego

1.2.1 Concepto/definición

Gómez (1979), es la relación entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de raíces del cultivo (y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas) y el agua total aplicada con el riego (Aplicada).

En riego por aspersión se usa el término coeficiente de uniformidad (C_u) de Christiansen, para expresar la Eficiencia de Distribución (E_d) (Sandoval; 1989).

Un Coeficiente de uniformidad de 0.80 ó mayor se considera adecuado para riego por aspersión. En este método el grado de uniformidad en la aplicación del agua durante el riego, depende esencialmente del espaciamiento entre aspersores y laterales y la presión de los aspersores, siendo afectados grandemente por el viento. Un C_u de 1.0 indica una distribución perfecta del agua en todo el campo (Sandoval; 1989).

Para determinar la Eficiencia de Distribución (E_d), se procede a tomar el promedio de las laminas mínimas captadas por los colectores de agua en cm (l_{mp}) y se divide entre la lamina promedio captada por los colectores de agua en cm (l_p) multiplicado por cien.

La ecuación que se utiliza se presenta a continuación:

$$ED= \text{Imp}/\text{LP} *100$$

donde:

ED= eficiencia de distribución (%),

Imp= lamina mínima promedio (cm)

LP= lámina promedio (cm)

1.2.2 Coeficiente de Uniformidad (Cu)

Gómez (1979), indica la uniformidad en la distribución del agua aplicada con el riego en el suelo es baja existirá mayor riesgo de déficit de agua en algunas zonas y de filtración profunda en otras.

Colaco. A (1978), indica que la medida de la Uniformidad del agua tiene 3 objetivos principales:

1. Mejorar la eficiencia del uso del agua desde el punto de vista de producción;
2. Compara los aspersores a través de su perfil de distribución;
3. Determinar como diferentes espaciamientos afectan los resultados de la distribución del agua.

Christiansen citado por Colaco, A.(1978), propuso un Coeficiente de Uniformidad (Cu), con el intento de hacer determinaciones como diferentes espaciamientos que afectan la distribución del agua. El Coeficiente de uniformidad representado por una medida volumétrica de la distribución.

El Coeficiente de uniformidad de Christiansen es definido por la siguiente ecuación:

$$Cu= 1 - \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N}$$

DONDE:

C_u = Coeficiente de uniformidad

$\sum (x_i - \bar{x})$ = Es la suma de los valores absolutos de las desviaciones de las observaciones individuales (x_i), de las medias de las observaciones (\bar{x});

n = Número de observaciones.

Las observaciones individuales representan el patrón del aspersor, las cuales son determinadas a través de las medidas de las cantidades de agua colectadas en botes agrupados en una red. Normalmente los espaciamientos de los botes son de 3 metros.

Asumiendo que la distribución del agua medida en los botes se comporta como una distribución normal, las siguientes observaciones pueden ser hechas sobre C_u .

A) Con una aplicación absolutamente uniforme, $C_u = 100\%$.

B) Aproximadamente 79% de la área recibirá una profundidad de agua mayor que:

$$T \cdot IA \cdot C_u \\ 100\%$$

DONDE:

T = Tiempo de riego

IA = Intensidad de aplicación media

C) El máximo y mínimo de las observaciones o lecturas de los botes sobre la media será dado por:

Máxima lectura del bote $D_{max} = T \cdot IA(C_u/100)^{3-2}$

Mínima lectura del bote $D_{min} = T \cdot IA(C_u/100)$

Hurd C. (1974), desarrolló un coeficiente (ch), basado en la suposición que la distribución del agua se comporta como una normal y propuso la siguiente fórmula:

$$Ch = 1 - 0.798 S \\ X$$

DONDE:

S= Desviación estándar de las lecturas de los botes.

X= Promedio de las observaciones.

1.2.3 Eficiencia de Distribución de agua (EDa)

Para tener en cuenta la falta de uniformidad y las pérdidas por percolación profunda, se define la Eficiencia de Distribución de agua (ED_a) para un cierto porcentaje de área "a" adecuadamente regada como:

$$ED = \frac{\text{Altura neta mínima recibida por la fracción "a" del área regada} \times 100}{\text{Altura media recibida por el área regada}}$$

De esta forma puede darse un significado más útil al concepto de CU, combinando las medidas de uniformidad de aplicación (CU) con el concepto de área adecuadamente regada "a" y obtener una medida de la eficiencia de distribución (ED_a). Burt et al (1,997)

La eficiencia del riego: es la relación o porcentaje entre el volumen de agua efectivamente utilizado por las plantas y el volumen de agua retirado en la bocatoma. Del volumen de agua retirado en la bocatoma de un sistema de riego, una parte importante no es utilizada por las plantas. Las "pérdidas" pueden ser:

- Pérdidas en los canales y tuberías del sistema de distribución, antes de llegar propiamente a la parcela donde están los cultivos a ser regados. Este primer tipo de pérdidas puede ser denominado de pérdidas en la distribución del agua, y se pueden deber a pérdidas por:
 - Infiltración profunda en los canales no revestidos;
 - Evapotranspiración de la maleza en los bordes del canal;
 - Fugas en los canales revestidos o en las tuberías;
 - Evaporación desde los canales;
 - Operación errada de las compuertas que ocasiona que una parte del agua fluya directamente a los drenes.

- Pérdidas de agua en el interior de la parcela. Estas pérdidas son inherentes a las técnicas de riego utilizada, y, en segundo lugar dependen de:
 - Las características del suelo;
 - Las dimensión de la parcela;
 - La pendiente de la parcela;
 - Lámina de agua suministrada en cada riego.

El volumen teórico de agua a ser suministrada al terreno es el necesario para mojar una capa uniforme del terreno, de un espesor equivalente a la profundidad media de las raíces, en esa fase del crecimiento de las plantas. Burt et al (1,997)

1.2.3.1 Eficiencia de riego y uniformidad

Burt et al (1,997) Los buenos procedimientos de diseño y manejo requieren el entendimiento de conceptos tales como eficiencia y uniformidad de distribución. Tanto el diseñador como el beneficiario deben comprender como este concepto difiere de la eficiencia y como el diseño y el manejo puede impactar la uniformidad de distribución alcanzable.

1.2.3.2 Uniformidad de Distribución (UD)

Como su nombre lo indica este es un término relacionado con la uniformidad de aplicación del agua a las plantas a través de todo un campo. Por consiguiente, no se trata de un término aplicado a una finca o un distrito de riego o a una cuenca, es un índice de funcionamiento de un sistema de riego.

En la actualidad la Uniformidad de Distribución se expresa de la siguiente manera:

UD = lámina promedio de agua en el cuarto inferior

Lámina promedio de agua acumulada en todos los elementos

Donde: el promedio de los valores del cuarto inferior se usa como valor mínimo en lugar de usa un valor mínimo absoluto. UD se expresa ahora como una relación en lugar de porcentaje, para evitar confusión con los términos de eficiencia.

1.2.3.3 Uniformidad de emisión (UE)

El término “uniformidad de emisión” (UE) algunas veces se ha utilizado en lugar de UD en sistemas de riego por goteo o micro aspersión. Si por alguna razón alguien desea usar “UE”, debe ser calculado en la misma forma que “UD”. Burt et al (1,997).

1.2.4 Principios de un riego eficiente mediante sistemas de aspersión

- a) Uniformidad de distribución: CU del 90% y mayor,
- b) Bajo impacto de las gotitas,
- c) Bajos caudales de aplicación: 3-5 mm,
- d) Frecuencia del riego.

a) Uniformidad de distribución:

Uniformidad de distribución significa una distribución pareja sobre la superficie del terreno de todo un campo de cultivo bajo riego. A pesar de constituir un factor de capital importancia para un riego apropiado, la uniformidad de distribución carecerá de valor a menos que exista un perfil hídrico similar bajo la superficie. Burt et al (1,997)

Dos factores impiden la formación de un perfil uniforme del suelo:

1. El viento, que afecta la actuación y rendimiento de los aspersores;
2. Las costras de suelo que se generan por la fuerza del golpe de las gotas sobre el terreno.

b) Bajo impacto de gotitas:

El impacto de las gotas sobre la superficie del suelo expone la capa arcillosa del mismo, formándose así una costra rígida. Esta costra afecta las penetraciones uniformes del

agua, nutrientes y pesticidas. Esta formación altera la germinación de las plantas jóvenes, restringiendo su desarrollo y afectando seriamente el rendimiento final.

El impacto de las gotas sobre el suelo puede también provocar la salpicadura de los fertilizantes y plaguicidas, dando como resultado una concentración irregular de los mismos, exponiendo los cultivos a plagas y daños por quemazón de las plantas.

El bajo impacto de las gotitas de riego elimina totalmente todos estos problemas. Por medio del empleo de gotitas de pequeño tamaño, la arena, los pesticidas y fertilizantes no provocan la salpicadura de las plántulas, evitando así el daño a la planta y los efectos negativos sobre la calidad y el rendimiento de la cosecha. El bajo impacto permite asimismo el riego de bancos de germinación de escasa profundidad, lográndose así ahorros de un 20% en el volumen de las semillas sin comprometer la emergencia o la uniformidad. Burt et al (1,997)

c) Bajo caudal de aplicación

El caudal de aplicación es la cantidad de agua aplicada por hora a una zona determinada. Un bajo caudal de aplicación (3-5 mm) facilita un mejor movimiento del agua en el suelo, con una distribución lateral y aireada para un óptimo lecho de crecimiento en la zona radicular y una óptima disponibilidad del agua y de los nutrientes para la planta.

El movimiento lateral del agua conlleva un mejoramiento del perfil hídrico del suelo, con una distribución particularmente uniforme de mojado y aireación. Las partículas de suelo se envuelven en agua y dejan espacios aireados entre ellas, mientras que los puntos más secos tienden a absorber el agua y aumentar los valores de distribución medidos en la superficie.

El bajo caudal de aplicación contribuye asimismo a un mejor control de la profundidad de la zona de mojado y aireación de la zona radicular en el perfil de suelo requerido. Burt et al (1,997)

Otro de los valores agregados de un bajo caudal de aplicación es la disminución de la influencia del viento sobre la uniformidad de distribución. El bajo flujo del aspersor permite el riego de áreas amplias con un solo pulso, reduciendo en consecuencia el impacto del viento sobre el rendimiento del aspersor.

La combinación del bajo impacto y el caudal reducido de aplicación contribuyen significativamente a lo siguiente:

1. Una germinación plena y uniforme de semillas a baja profundidad: basta de inundación, cambio de ubicación de las semillas con riego de germinación;
2. Estructura del lecho de cultivo libre de terrones y bien desmenuzada, desde la preparación de la tierra hasta la cosecha.

d) Frecuencia de riego:

La frecuencia de riego es definida de acuerdo con el tipo de suelo, el cultivo y las condiciones ambientales. Como regla general, el riego frecuente impide las tensiones causadas por un suministro excesivo o deficiente de agua a la planta.

Las tensiones de exceso conllevan a un terreno saturado, empapado y con carencia de aire, lo cual resulta en una baja actividad radicular. Por otra parte, la deficiencia hídrica produce suelos resacos, que obligan a la planta a gastar energía tratando de conseguir el agua necesaria a expensas de su desarrollo normal.

La prevención de las tensiones causadas por las deficiencias o excesos de agua brindan a la planta condiciones óptimas de desarrollo y actividad radicular. El perfil del suelo permanece constantemente humidificado y aireado, y tanto el agua como los nutrientes necesarios son fácilmente obtenibles. El riego con eficiencia por medio de los sistemas de aspersión también contribuyen a salvaguardar el medio ambiente y la salud de la población.

Uniformidad de la aplicación versus economía en el equipo y en la mano de obra:

Hay otro conflicto de intereses en el espaciamiento de los aspersores entre la economía en el equipo y la mano de obra, en comparación con la uniformidad de la aplicación. Desde el punto de vista de la economía, mientras mayor sea el espaciamiento, más bajos son los costos de equipo y mano de obra. Sin embargo, un amplio espaciamiento disminuye el coeficiente de uniformidad. Burt et al (1,997)

El coeficiente de uniformidad está fijado por la medición de la cantidad de agua que se recoge en latas colocadas a intervalos constantes dentro de una zona regada por aspersión. Esta medición se toma para diferentes tipos de aspersores, de boquillas, de presión y en condiciones del espaciamiento. El coeficiente de uniformidad se calcula (1) midiendo y encontrando la altura promedio del agua recogida en todos los recipientes (altura total del agua en todos los recipientes, dividida entre el número de recipientes), (2) sumando la altura de las desviaciones, desde el valor promedio de la altura, y (3) calculando el porcentaje de desviación en relación con el promedio. Así, únicamente una forma absoluta tiene un coeficiente de uniformidad de 100%. Mientras menor es el valor del coeficiente, menor es la uniformidad de la distribución.

Cu	=	coeficiente de uniformidad
X	=	desviación de las observaciones individuales del valor medio
m	=	valor medio de todas las observaciones individuales
n	=	número de observaciones

$$Cu = 100 \left(1.0 - \frac{\sum X}{mn} \right)$$

El requisito estándar de diseño es lograr un coeficiente uniforme, por lo menos del 85%. Sin embargo, la distribución del agua, como se mide en los recipientes, no representa realmente la distribución de humedad en el suelo. En realidad, la verdadera distribución de la humedad del suelo es el resultado de cierto movimiento lateral del agua en el suelo con una anchura de 1 a 3 m, como se presenta en el riego por surcos.

En consecuencia, es posible regar con un coeficiente de uniformidad mucho más bajo (mayor espaciamiento entre los aspersores), bajo muchas condiciones, sin producir reducción en los rendimientos. Sin embargo, esto sólo puede permitirse siempre que el regador sea consciente de las limitaciones que esta práctica tiene y compense a las plantas de cualquier deficiencia de agua, cuando sea necesario.

En el caso extremo (aunque no es aconsejable), el coeficiente de uniformidad puede ser tan bajo como el 50%, en donde se cultiva una planta de raigambre profundo en un suelo también profundo, con una alta capacidad de retención, siempre que (1) la aplicación del riego que se necesite en total, sea proporcionada y (2) la posición en que se coloque al lateral de aspersión se alterne con cada rotación fijada al aspersor a la mitad entre las primeras colocaciones de los laterales o mediante un espaciamiento más cerrado de los laterales, asegurando así que toda la zona radicular sea llevada de tiempo en tiempo a su capacidad total de retención de agua. En las regiones que tienen lluvias ocasionales durante la temporada de riegos, esta precaución no siempre puede ser necesaria. Burt et al (1,997)

El coeficiente de uniformidad tiene que ser más alto, mientras menos profundo sea el sistema radicular de una planta, o mientras más profundo sea el suelo, más pequeña será la capacidad de retención de agua del suelo y más pequeña la lámina de riego por aplicar.

En este caso, de nuevo, sólo el juicio del ingeniero de riego con experiencia y el del regador, con el auxilio de un probador de suelos y de las verificaciones de la humedad del suelo (como las que se hacen para análisis de riego superficial) y mediante la inspección visual de las plantas de cultivo, puede servir como guía para la exitosa explotación económica de este método.

1.2.4.1 Algunos problemas específicos de la aspersión

Saint (1975), En relación con el riego, no es muy significativo y tiene poca influencia con qué método se riegue una planta, en tanto ésta reciba la cantidad adecuada de agua necesaria para su crecimiento óptimo, pero para unas cuantas condiciones excepcionales esta generalidad no siempre es cierta. Un cierto número de plantas parece que se comportan especialmente bien con el riego por aspersión, como en el caso de la papa, el pepino, el betabel, la cebolla, el rábano y el chícharo; otras plantas como el tomate, el algodón, la fresa, la espinaca, el melón y la uva, algunas veces no tienen tan buen comportamiento, especialmente en las húmedas planicies costeras. Desgraciadamente hay disponible muy poca información experimental controlada, que sin embargo, se necesita urgentemente.

Para evitar la aparición y desarrollo de enfermedades, favorecida por las condiciones de humedad, no deben usarse colocaciones de mucha duración (de 20 a 24 horas), especialmente cuando o en donde las plantas se secan con mucha lentitud. Las aplicaciones nocturnas pesadas, pero no frecuentes, son aconsejables para aliviar este problema, especialmente al principio de la primavera y al final del otoño. Algunas enfermedades se propagan por el chapoteo del agua, ya sea por la lluvia o por el riego por aspersión. Por ejemplo, para producir chícharo libre de enfermedad y semilla de ejote, debe preferiblemente no regarse por aspersión.

Parece ser que algunos insectos se desarrollan muy mal con la aspersión y consecuentemente producen menos problemas, pero los gusanos de alambre, las larvas, las babosas, etc., pueden volverse muy dificultosos, especialmente cerca de la corona de las plantas. Sin embargo, el principal problema es la interferencia de la aspersión con las medidas para combate de plagas y enfermedades. Por el contrario de lo que sucede con el riego superficial, en el cual el regador puede regar y dejar libares grandes tramos de terreno en tiempos relativamente cortos, con el riego por aspersión (a no ser que se diseñe con una gran capacidad de reserva) las partes de cada campo casi siempre están siendo regadas. Por una parte esto interfiere con los

trabajos que se hacen a máquina, y por la otra se deslavan rápidamente las sustancias químicas (germicidas y pesticidas), que se hayan asperjado en las plantas. Saint (1975).

Aunque el riego por aspersión puede servir convenientemente para la aplicación de fertilizantes, puede todavía considerarse este tipo de riego únicamente en un grado muy limitado, como un auxiliar en el combate de plagas y enfermedades. La investigación complementaria en esta dirección debe facilitar la incorporación eventual del combate de plagas y enfermedad como una parte de la traba del riego por aspersión.

Es bastante obvio que la mayoría de las limitaciones que tiene el riego por aspersión se pueden solucionar proporcionando el depósito de almacenamiento para servicio, la bomba y un sistema de tuberías para una capacidad de operación adecuadamente grande.

1.2.5 Investigación y evaluación de sistemas de riego por aspersores

La evaluación de sistemas de riego por aspersión tiene por objeto determinar la adaptación de los mismos a las condiciones de clima, suelo y cultivo para las cuales fueron diseñadas (Cohen, E. 1992).

Los resultados de la evaluación pueden ser útiles para hacer los ajustes necesarios en el diseño, operación e instalación de los sistemas evaluados y para desarrollar mejores criterios de diseño para condiciones locales de cultivo, suelos y clima (Cohen, E. 1992).

Para lograr una distribución eficiente y oportuna del agua de riego, es indispensable que la red de canales y sus estructuras se encuentren en buen estado de conservación. Es decir, que la operación eficiente de un sistema de riego, requiere de un buen mantenimiento y conservación de sus obras.

En vista de las condiciones ambientales a que están expuestas las obras de riego, el mantenimiento cobra importancia. Para Guevara (1990), la conservación de un sistema de riego se define como “el conjunto de operaciones tendientes a sostener en condiciones óptimas de servicio, conforme a las características de diseño, las obras, equipos e instalaciones del cual forma parte y que genéricamente denominamos obras”. Este concepto reviste a la conservación con el carácter de una actividad continua, ya que las alteraciones y modificaciones en las obras, como el desgaste se produce también continuamente.

Según Cohen, E. 1992, la formulación de un programa de conservación requiere de las siguientes actividades:

- a) Determinar las actividades de conservación que compone cada obra,
- b) Conocer el ciclo de conservación,
- c) Determinar las prioridades de conservación de las obras.

1.2.6 Uso efectivo del agua en pequeñas áreas

Los pequeños agricultores han utilizado la técnica del riego en sus formas antiguas. No se sabe con certeza si fue introducida desde el exterior o fue una invención sugerida por las condiciones locales dada la idea de tomar agua del río por medio de una red de canales antiguos que hizo posible la Agricultura. Lo importante aquí es destacar que existen las premisas para comprender la incorporación de una tecnología simple, de sus resultados positivos y de la aceptación general para lograr la colaboración de los propios agricultores (Grassi; 1979).

Los beneficios de un suministro suplementario de agua, se deriva principalmente de los siguientes aspectos:

- Eliminar las restricciones en la época de siembra,
- Reducir el riesgo de pérdida, debido a la falta de agua en los períodos críticos durante la estación de crecimiento,
- Aumentar el potencial de rendimiento por medio del uso de fertilizante y

pesticidas,

- Permitir la introducción de múltiples cultivos en muchas zonas (Grassi; 1979).

Grassi (1979), indica que cuando se construye un sistema de riego, se parte de que existe una necesidad social que debe ser satisfecha. En el caso de un sistema de riego, dicha necesidad social se atiende mediante la producción, agrupada como se indica a continuación:

- a) Bienes directos: Productos de la parcela,
- b) Bienes Sociales: Mejoramiento del nivel de vida de los usuarios, ocupaciones creadas en la zona,
- c) Bienes Indirectos: Conservación de los recursos naturales, conservación y mejoramiento del ambiente en general.

Además afirma el autor que en Latinoamérica las limitaciones principales en el logro de las metas de los proyectos respectivos, se derivan más del uso y aprovechamiento de los recursos, que de la calidad de las obras que componen la infraestructura. Así, existen casos que ponen en evidencia la importancia de otros factores de tipo institucional, operacional y humano, que tiene una notable incidencia en el éxito o fracaso de una obra hidráulica.

1.2.6.1 El riego en pequeña escala

Los proyectos de miniriego abarcan la construcción de obras sencillas de infraestructura, utiliza mano de obra y materiales locales, destinadas a regar, principalmente, terrenos agrícolas que se encuentran bajo cultivo en la estación lluviosa.

Esta edición de agua introduce un potencial para duplicar los ingresos de la misma zona por medio de la producción de por lo menos un cultivo adicional anualmente. Se ha observado un número de sistemas de miniriego que han tenido éxito, aun cuando los mismos no son de alta calidad. Existe un número de enfoques potenciales viables para

proporcionar riego dependiendo del terreno y fuente de agua. En algunos casos estos pueden llevarse a cabo en conjunto con mejoras en conservación de suelos y drenajes (Grassi; 1979).

1.3 Características del área en estudio

1.3.1 Localización Geográfica

Maldonado (1995), La aldea Quilenco pertenece jurisdiccionalmente al municipio de Chiantla del departamento de Huehuetenango. Se localiza al Norte de la cabecera municipal, se comunica con la misma por medio de una vereda de 5 Km. Además se llega por medio de la carretera que conduce del departamento de Huehuetenango a los municipios del Norte (R.N.9.N). La longitud del trayecto es de 8 Km. Incluyendo una brecha de 3.7 Km. que conduce a las aldeas Quilenco y Sibila, la cual se encuentra a la altura del Km. 276.5 jurisdicción de la aldea El Rancho.

La aldea se localiza en el Meridiano 91° 27'44" Longitud Oeste y el Paralelo 15° 23' 25" Latitud Norte, tomando como referencia la escuela de la comunidad y a una altura promedio de 2,400 metros snm. (8)

Sus colindancias son: al Norte con la aldea Sibila, al Sur con la aldea Taluca y Patio de Bolas, al Este con las aldeas El Rancho y Patio de Bolas y al Oeste con las aldeas El Pino, Rio Escondido y Sibila. Todas las aldeas mencionadas pertenecen al municipio de Chiantla, departamento de Huehuetenango.

1.3.2 Características físico-bióticas

1.3.2.1 Zonas de vida

La aldea Quilenco se sitúa dentro de la clasificación de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB), con un patrón de lluvias promediado en 1,344 mm, anuales,

temperaturas de 15 a 23° C y una evapotranspiración potencial promedio de 0.75 mm, diarios. La elevación de esta zona de vida varía entre los 1,500 y 2,400 msnm.

1.3.2.2 Clima

La información que a continuación se presenta corresponde a la estación más cercana a la unidad productiva “Centro Ovino de Chiantla”, ubicada a una altura de 1,905 msnm, para un período de 3 años.

La temperatura media anual es de 18.7° C temperatura media máxima de 25° C y la temperatura media mínima de 12.3° C. Las temperaturas absolutas son: máxima de 33° C y mínima de 2.0 °C.

La precipitación media anual es de 1,098 mm distribuidos entre 104 días, siendo los meses con mayor precipitación de mayo a octubre.

1.3.2.3 Topografía

Los suelos de la aldea Quilenco en su mayoría son quebrados con pendientes del 50%. Se encuentran a lo largo de la Escarpada Sierra Madre.

1.3.2.4 Hidrología

La aldea cuenta con el nacimiento del río Selegua del cual los agricultores han aprovechado para la realización de proyectos de agua potable y sistema de riego.

1.3.2.5 Suelo

Los suelos de la aldea Quilenco pertenecen a la serie Chixoy (Chy) con las siguientes características: suelos poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza fragmentada, en un clima húmedo seco.

La serie Chixoy (Chy) tienen una textura franco arcillosa, con un color café grisáceo muy oscuro. Su estructura es granular a cúbica. La reacción es de neutra a medianamente alcalina, pH de 7.0 a 7.5

1.3.2.6 Flora

Las especies forestales, frutales, hortícolas, forrajeras y ornamentales que predominan en la aldea Quilínco son las siguientes:

Especies Forestales: Pino de las cumbres (*Pinus rudis*), Pino colorado (*Pinus oocarpa*), Ciprés común (*Cupressus lusitanica*), Aliso (*Alnus jorullensis*), Roble (*Quercus crispipiles*), Eucalipto (*Eucaliptus sp*), madron o chalube (*Arbutus xalapensis*) entre otros.

Especies Frutales: Aguacate (*Persea americana*), Matasano (*Casimiroa edulis*), Manzanilla (*Crataegus pubescens*), Melocotón (*Prunus persica*), Manzana (*Malus communis*), Pera (*Pyrus malus*), Higo (*Ficus carica*), Maizena (*Musa ensety*), Fresa (*Fragaria sp*)

Especies Hortícolas: Cebolla (*Allium cepa*), Haba (*Vicia faba*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*), Arveja (*Pisum sativa*), Papa (*Solanum tuberosum*), Lechuga (*Lactuca sativa*), Zanahoria (*Daucus carota*), Remolacha (*Beta vulgaris* Var. *Hortensis*), Acelga (*Beta vulgaris* Var. *Cicla*), Nabo (*Brassica napus*), Rábano (*Raphanus sativus*), Berro (*Nasturtium fortanum*), Repollo (*Brassica oleracea* Var. *Capitata*), Coliflor (*Brassica oleracea* Var. *Botrytis*), Brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica*), Guisquil (*Sechium edule*), Guicoy (*Cucúrbita pepo*), Chilacayote (*Cucúrbita fisifolia*).

Especies Forrajeras:

Maíz (*Zea mays*), Trigo (*Triticum vulgare*), Avena (*Avena sativa*), Napier (*Pennisetum purpureum*), Grama natural (*Paspalum sp.*).

Especies Ornamentales:

Tuna (*Opuntia* sp.), Maguey (*Agave* sp.), Mecate (*Belotia growingfolia*), Izote de los Cuchumatanes (*Beacarnea goldamanii*) y Clavel (*Dianthus caryophyllus*)

1.1.6.2.7 Fauna

En la aldea Quilenco, las especies de animales que existen son:

Fauna Doméstica:

Perro (*Canis familiares*), Gato (*Felis catus*), Gallo, gallina (*Gallus domesticus*), Bovinos (*Bos taurus*), Oveja (*Ovis aries*), Cabra (*Capra hircus*), Caballo (*Equus caballus*), Conejo (*Oryctolagus cuniculus*), Cerdo (*Sus scropha*), Pavo (*Meleagris gallipavo*).

Fauna Silvestre:

Tacuatzín (*Didelphys marsupiales*), Armadillo (*Desypus novencinotus*), Cenzontle (*Turdus rufitorques*), Azulejo (*Sialia sialis*, Xara o Xeu (*Cyanocita ridgwayi*), Tortolita (*Melopoelia leucoptera*, Tacumuxa (*Geotrygon albifacies*), Zorro (*Vulpes culpes*), Coyote (*Canis latrans*), Ardilla (*Scirus cafalinonsis*).

1.3.3 Infraestructura:

La aldea Quilenco cuenta con una carretera de terracería balastada, transitable en toda época del año. Por la misma se llega a las aldeas del Rancho y Sibila.

La comunidad también cuenta con el nacimiento del río Selegua del cual se han realizado proyectos de sistema de riego por aspersión, por inundación y abastecimiento de agua potable en forma domiciliar. Existen 3 biodigestores en funcionamiento que producen dos tipos de abono orgánico; uno líquido llamado purin y un sólido llamado bioabono. Además producen gas metano, utilizando para cocinar y dar luz a la vivienda.

1.3.4 Situación socioeconómica

Las condiciones socio económicas de los productores de la aldea Quilenco, Chiantla son bastante difíciles se observa en un alto porcentaje casas de 2 ambientes, elaboradas de adobe y teja de barro, de las cuales el 75% posee letrina, un 80% posee agua potable y el 100% posee energía eléctrica.

El 65% de los productores sabe leer y escribir y las principales fuentes de ingreso son en un 100% actividades agrícolas, un 26% comerciales (venta de artículos domésticos, comestibles y mano de obra asalariada principalmente para albañilería) y para el caso de los productores que poseen terreno en la Meseta de los Cuchumatanes un 28% percibe ingresos de la crianza y engorde de ovinos.

En el tema de la tenencia de tierra, son terrenos con escrituras municipales y avaladas por la comunidad de los Milicianos en calidad de poseedores, prevalece en los productores el minifundio debido a que el 46% de ellos posee entre 1 a 5 cuerdas, el 27% posee de 6 a 10 cuerdas, el 13% posee de 11 a 15 cuerdas, el 9% de 16 a 20 cuerdas y solamente el 5% posee más de 20 cuerdas. Cabe resaltar que para la mayoría de los productores que poseen más de 15 cuerdas solo tienen disponibles bajo riego un promedio de 7 a 8 cuerdas el resto de terreno está ubicado en la parte alta de la Meseta de los Cuchumatanes y es utilizado principalmente para la crianza de ovinos y en su mayoría de casos dichas tierras están catalogadas en las clases agrológicas VI y VII (tierras de vocación forestal y alta presencia de pedregocidad).

Actualmente existe un comité de riego conformado por los 89 productores, el cual cuenta con una junta directiva electa democráticamente.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la aldea Quilenco municipio de Chiantla, Huehuetenango actualmente funciona un sistema de riego por aspersión, el cuál fue construido en el año de 1998 con el apoyo técnico y financiero del anterior Proyecto de Desarrollo Rural de La Sierra de Los Cuchumatanes –PCUCH- con una extensión de 169 cuerdas (7.38 Ha), beneficiando directamente a 89 agricultores.

La fuente de abastecimiento de agua para el funcionamiento del mini riego es el río selegua ubicado en la cuenca del mismo nombre, actualmente la fuente de agua manifiesta reducción de caudal que trae como consecuencia problemas de operación internos del sistema, como la falta de presión en aspersores e insuficiente lámina de agua en las parcelas de productores.

La actividad principal de los beneficiarios del sistema de riego, es la producción de hortalizas tradicionales y no tradicionales, con el aprovechamiento de las áreas bajo riego se han generado impactos significativos dentro de los principales se mencionan: generación de jornales, incremento en los ingresos económicos, mejoras en la dieta alimenticia debido a la mayor disponibilidad de alimentos y diversificación de cultivos y reducción de la migración temporal hacia la costa sur y hacia otros países, sin embargo, el crecimiento poblacional ha incrementado la presión del uso de la tierra en otras áreas de cultivo que no estaban considerados en el diseño del Proyecto, incrementando entonces la presión sobre el uso y la disponibilidad del recurso agua.

La evaluación del sistema de riego es necesaria para contar con indicadores técnicos como la eficiencia de distribución (ED) y coeficiente de uniformidad (Cu) de riego que sean parámetros a considerar en la toma de decisiones y buscar correctivos que mejoren la optimización del recurso agua y asegure la sostenibilidad del proceso productivo hortícola.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia de distribución de agua (ED) del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilinco, Chiantla.

2.1.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), con relación al manejo del agricultor, presión de operación, velocidad del viento y tiempo de riego por posición.
- b) Comparar el estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con relación al diseño original.
- c) Plantear una propuesta de reglamento de riego que mejore las condiciones de manejo y mantenimiento del sistema.

2.1.3 Hipótesis Nula (Ho):

- 1. El sistema de riego por aspersión de la aldea Quilinco, Chiantla Huehuetenango, funciona con una eficiencia de distribución igual o superior al 80%,
- 2. La distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector 1 y 2 son similares.

2.2 Variables de estudio

Sistema de riego por aspersión,
Eficiencia de distribución de agua (Ed).

2.3 Definición de variables

2.3.1 Sistema de riego por aspersión

Según Ede (1964), el sistema de riego por aspersión, es un método por medio del cuál se conduce el agua a presión hasta el terreno donde se aplica semejando a la lluvia.

2.3.2 Eficiencia de distribución de agua

Según Gómez (1979), la eficiencia de distribución de agua es la relación existente entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de raíces del cultivo (y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas) y el agua total aplicada con el riego.

2.4 Alcances y límites

2.4.1 Alcances

Este tema de investigación, permitió la revisión de libros y actualización de conocimientos mediante la búsqueda de material bibliográfico que incluye entre otros, conocer los estudios realizados con anterioridad y los conocimientos teóricos que fundamenten la realización del mismo el cuál se llevó a cabo en la aldea Quilenco, municipio de Chiantla, departamento de Huehuetenango.

2.4.2 Limites

La duración de las pruebas de campo fue de 2 horas, para su realización se coordinó con los productores, la fecha y hora adecuada de manera de no interrumpir sus actividades productivas agrícolas.

Se considera que como resultado de la buena coordinación, la realización de las pruebas se realizó sin ningún problema y además existió buena disponibilidad de los productores para realizarlas e informar sobre la situación actual del sistema de riego.

2.5 Aporte

El presente estudio tiene como aporte una propuesta que permitirá el uso eficiente del recurso agua en el sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango, el cual se encuentra ubicado en las faldas de la cuenca del río Selegua.

Además, dicho estudio permitió generar una metodología de evaluación de la Eficiencia de distribución (Ed) y Coeficiente de uniformidad (Cu), para el sistema de riegos por aspersión construidos en condiciones similares para la región occidental de Guatemala. Dicha metodología será utilizada por el Proyecto de Manejo Sostenible de Los Recursos Naturales en la Sierra de Los Cuchumatanes –PROCUCH-. Para evaluar otros sistemas de riego de interés institucional.

III.MÉTODO

3.1 Sujetos

El trabajo fue desarrollado con la participación de 89 personas usuarias del sistema de riego por aspersión.

El grupo de productores está constituido legalmente como comité de sistema de riego Quilenco, ante la Gobernación Departamental de Huehuetenango, contando con una Junta Directiva legalmente constituida.

El 100% de los productores son ladinos y de habla hispana; su ocupación principal es la siembra de hortalizas tradicionales y no tradicionales, comercializando la producción a nivel local, departamental y por medio de las agro exportadoras a nivel internacional.

3.2 Instrumentos

a) obtención de información:

Inicialmente se realizó a través de consultas bibliográficas que sustentan la evaluación, información general del diseño del sistema, observación del sistema, posteriormente se realizaron caminamientos en las parcelas, entrevistas con usuarios y visitas domiciliarias, con la finalidad de conocer a mayor profundidad las características del sistema de riego.

b) elaboración de boletas:

Con la finalidad de recabar información referente al manejo del sistema de riego por parte del productor y el estado de la infraestructura, se consideró necesario la elaboración de encuestas a través del uso de boletas (anexo 1).

Previo a iniciar con la determinación del Coeficiente de Uniformidad, fue necesario conocer aspectos sobre el manejo del riego por parte del agricultor con la finalidad de

evaluar el funcionamiento del sistema de riego desde el punto de vista Hidrológico (pruebas de campo), prácticas utilizadas por el productor en las parcelas para obtener los beneficios del mismo (manejo), aspectos relacionados a la organización del grupo e infraestructura del sistema.

Para conocer dichos aspectos se consultó información general del diseño del sistema, se realizaron visitas de campo en las parcelas observando el desarrollo de las prácticas, caminamientos a lo largo del sistema de conducción y distribución y además se realizaron entrevistas con productores utilizando una boleta (anexo No. 1) que contempla los principales temas sobre el manejo del riego por parte del productor.

La población bajo estudio comprende 89 productores (todos hombres) y para definir el número de personas a encuestar se consideró la formula citada en el capítulo III de este documento que se refiere al método. Considerando que se conoce el total de población en estudio se utilizó la siguiente ecuación estadística:

$$n = N / N(d)^2 + 1, \quad \text{donde:}$$

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

d= nivel de incertidumbre

1= constante

El nivel de incertidumbre se consideró del 10% tomando en cuenta la homogeneidad de las parcelas debido a que la topografía y condiciones físicas del suelo son muy similares, al desarrollar dicha ecuación tenemos como resultado:

$$n = 89 / 89(0.10)^2 + 1$$

n= 47 productores usuarios del sistema de riego a encuestar

Para el análisis e interpretación de la información obtenida del paso de boletas, se utilizó el método de las medias aritméticas, considerando posteriormente los respectivos porcentajes para cada variable en estudio.

3.2.1 Fase de campo

1) Determinación de la eficiencia de distribución (ED) del sistema de riego:

Para la determinación de la eficiencia de distribución, se realizaron 15 pruebas en parcelas seleccionadas tomando en cuenta las características del área y diseño del sistema.

Para determinar este valor, se procedió a tomar el promedio de las láminas mínimas captadas por los colectores de agua en cm (Imp) y se dividió entre la lámina promedio captada por los colectores de agua en cm (LP) multiplicado por cien. La ecuación utilizada se presenta a continuación:

$$ED= \text{Imp}/\text{LP} *100$$

donde:

ED= eficiencia de distribución (%),

Imp= lamina mínima promedio (cm)

LP= lámina promedio (cm)

Adicional al cálculo de la eficiencia de distribución del agua de riego, se realizaron mediciones de otras variables que fueron básicas para la obtención de dicha eficiencia, la metodología de obtención de datos se menciona a continuación:

1.1 Determinación del Coeficiente de Uniformidad (Cu) del sistema de riego:

Para poder determinar el Coeficiente de Uniformidad (parámetro que es considerado imprescindible para calcular la eficiencia de distribución); se realizaron caminamientos con la finalidad de observar puntos estratégicos para realizar las pruebas en base al manejo del agricultor.

Posteriormente se definió trabajar en 2 sectores:

- sector 1 que comprende las parcelas del 1 al 7 (que están abastecidas por el ramal 1 del sistema de conducción de agua de riego).

- Sector 2 que comprende las parcelas del 8 al 15, (que están abastecidas por el ramal 2 del sistema de conducción de agua de riego).

Dichos sectores poseen características homogéneas en propiedades del suelo, las parcelas ubicadas en el sector 2 están ubicadas en alturas comprendidas entre los 2,500 msnm a los 2,650 msnm, además se consideró el argumento de los productores del sector 2 el cuál es “que no reciben la misma cantidad de agua que los del sector 1”, por tales razones se planteó la hipótesis nula 2 que literalmente dice “La distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector 1 y 2 son similares”.

Para el desarrollo de las pruebas de uniformidad, se utilizó el método de Christiansen, del arreglo en cuadrícula de colectores, con un distanciamiento de 2 x 2 metros, los cuales hicieron la función de pluviómetros. Este método consistió en colocar el aspersor en el centro de la cuadrícula y el número de colectores dependió del diámetro de mojado.

La duración de la prueba fue de 2 horas por parcela, tomando en cuenta presión de operación, pendiente del terreno y variaciones en la velocidad del viento. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo IV de este documento.

1.2 Determinación de la pendiente (%):

Para la medición de la pendiente se utilizó un clinómetro ó sunto el cual permitió de forma directa realizar las mediciones necesarias y además las pruebas para determinar el coeficiente de uniformidad fueron seleccionadas en base al comportamiento de la topografía como una variable importante.

1.3 Determinación de la presión de operación de aspersores (psi):

Con la finalidad de realizar mediciones sobre la presión de operación de los aspersores en las 15 parcelas priorizadas para la realización del estudio, se procedió a determinar la presión existente en la vena contraída del chorro de las boquillas de los aspersores

utilizando un tubo pitot y se realizaron mediciones a cada 30 minutos y posteriormente se promedió el valor total por parcela.

1.4 Determinación del caudal (gal/min):

Para la determinación del caudal, se utilizó el método volumétrico que comprende los valores de volumen de recipiente conocido y tiempo de llenado, mediante la siguiente ecuación:

$$Q = v / t$$

Donde:

Q= caudal, v= volumen y t= tiempo.

El caudal de salida de aspersores se determinó realizando las mediciones en las mangueras utilizadas por los productores en las 15 parcelas evaluadas donde se realizaron las diferentes pruebas para la determinación del Cu, con la finalidad de conocer las irregularidades en el suministro de agua.

1.5 Determinación de la lámina de descarga de aspersores (cm):

En un arreglo de cuadrícula de 2 x 2 metros se colocó un promedio de 45 a 48 recipientes plásticos bien nivelados los cuales hicieron la función de pluviómetros durante 2 horas que duro la prueba, seguidamente se realizó la medición del caudal captado en cada recipiente utilizando una probeta. Con los datos obtenidos en cada colector expresados en cm^3 se procedió a calcular la lámina de descarga de aspersores mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$L = \frac{v (\text{cm}^3)}{a (\text{cm}^2)}$$

Donde:

L= lamina de descarga en cm

v= volumen promedio de precipitación de aspersores en 2 horas (cm^3)

a= área del recipiente colector de agua (cm^2)

2) determinación del estado actual de la infraestructura del sistema de sistema de riego: Se realizaron caminamientos revisando el sistema desde el nacimiento, tanque de captación y rompe presión, válvulas de aire, tubería de conducción principal, ramales y finalmente los accesorios utilizados a nivel de fincas (mangueras y aspersores).

3.2.2 Fase de gabinete:

Consistió en la recopilación, consolidación, análisis y uso de la información proveniente de fuentes primarias y secundarias.

3.2.3 Elaboración del informe final

El informe final de la investigación consiste en la presentación de los resultados, integrando las fases de gabinete y campo. En dicho informe se presenta la metodología utilizada, resultados obtenidos, discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, revisiones bibliográficas y anexos.

3.3 Diseño

Se utilizó un diseño cuantitativo regularmente utilizado en las evaluaciones de riego, aplicando la formula del coeficiente de uniformidad, para determinar el porcentaje de eficiencia en la aplicación de agua del sistema de sistema de riego.

$$Cu = 1 - \frac{\sum (x_i - \bar{x})}{n}$$

donde:

Cu = coeficiente de uniformidad

$\sum (x_i - \bar{x})$ = suma de los valores absolutos de las desviaciones de las observaciones individuales (x_i), de las medias de las observaciones (\bar{x}) de las pruebas de campo

n = número de observaciones

Adicionalmente, se utilizó un diseño cualitativo, utilizando los indicadores propuestos sin manipulación de variables por parte del investigador.

3.4 Metodología estadística

Para el desarrollo del presente estudio, se utilizó una muestra estratificada aleatoria intencional. Esta permitió que los usuarios seleccionados posean características representativas del sistema de riego por aspersión en base a pendiente del suelo y ramal de diseño.

Para determinar los resultados referentes al Coeficiente de uniformidad, definidos en la primera hipótesis nula denominada “El sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango, funciona con una eficiencia de distribución igual o superior al 80%”, se utilizó la ecuación de Christiansen, que a continuación se describe:

$$Cu = 1 - \frac{\sum (xi - x)}{n}$$

donde:

Cu= coeficiente de uniformidad

$\sum (xi - x)$ = suma de los valores absolutos de las desviaciones de las observaciones individuales (xi), de las medias de las observaciones (x)

n= número de observaciones

Para poder determinar si se acepta o rechaza la segunda hipótesis nula “La distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (mm) del sector 1 y 2 son similares. Se realizaron pruebas estadísticas utilizando el programa SPS para los análisis de desviaciones estándar, regresiones, análisis comparativos de medias y desviaciones estándares y comparaciones entre los sectores 1 y 2 considerados como estratos productivos, considerando las variables de lámina de descarga, presión y caudal.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presentación de resultados obtenidos en la ejecución del presente estudio se dan a conocer a continuación:

4.1 Determinación de la Eficiencia de distribución (ED), Coeficiente de Uniformidad (Cu), con base al manejo del agricultor, presión de operación, velocidad del viento y tiempo de riego por posición.

A continuación se presenta el cuadro que refleja el comportamiento de las diferentes variables evaluadas:

Cuadro 1

Resumen de pruebas de campo para la determinación de la Eficiencia de distribución (ED), Coeficiente de uniformidad (CU), del sistema de riego por aspersión de la Aldea Quilenco, Chiantla, Huehuetenango.

No. de prueba	Pendiente (%)	Presión (PSI)	Caudal (gal/min)	Coeficiente de Uniformidad (Cu)	Lamina de descarga (cm)	Eficiencia de distribución (Ed) (%)
1	39	72	4.88	42.14	0.57877	19.53
2	37	60	5.86	75.35	0.94670	39.48
3	40	70	5.43	76.71	0.94057	41.39
4	38	50	3.96	49.10	0.56125	21.85
5	42	45	4.05	50.52	0.53905	18.69
6	36	50	4.56	61.56	0.82406	23.12
7	38	65	5.13	48.43	0.74146	23.24
8	41	40	4.55	46.62	0.04127	31.84
9	40	40	4.78	56.02	0.03329	39.47
10	35	40	4.61	57.12	0.05033	26.11
11	37	30	4.68	56.09	0.03913	33.58
12	33	50	5.22	54.28	0.05899	44.55
13	43	25	4.76	58.83	0.04993	26.32
14	40	35	5.48	60.00	0.05256	50.01
15	44	40	5.36	63.86	0.06716	39.13
Prom.	38.87	47.47	4.89	57.11	0.37	31.89

Fuente: Pruebas de campo para la campo en parcelas de productores usuarios del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla, Huehuetenango.

Nota: En la realización de las pruebas de campo para la determinación del caudal (gal/min), el número de colectores plásticos (pluviómetros) por parcela osciló entre 45 a 48.

4.1.1 Determinación de la Eficiencia de distribución (ED):

El siguiente cuadro refleja la determinación de la Eficiencia de distribución (ED) para cada parcela evaluada, sin embargo en el estudio se realizaron pruebas en parcelas que representaran el comportamiento del sistema de riego de la aldea Quilincó, Chiantla Huehuetenango, de manera que el promedio de dichas pruebas da como resultado una

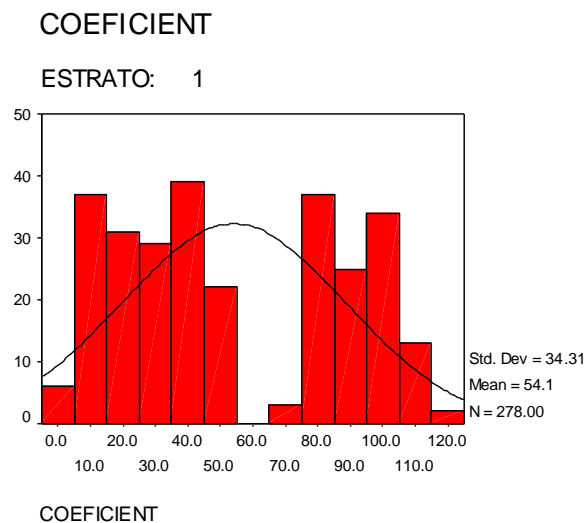
4.1.2 Determinación del Coeficiente de uniformidad (Cu)

El Coeficiente de uniformidad (Cu) del sistema de riego es 57.11 con rangos que oscilan entre 42.14 a 63.86, para que un sistema de riego opere en condiciones mínimas de calidad el valor del Cu debe ser 80%, con este parámetro se determina que el sistema de riego no opera actualmente de manera eficiente debido a que el valor encontrado es inferior al porcentaje mínimo requerido.

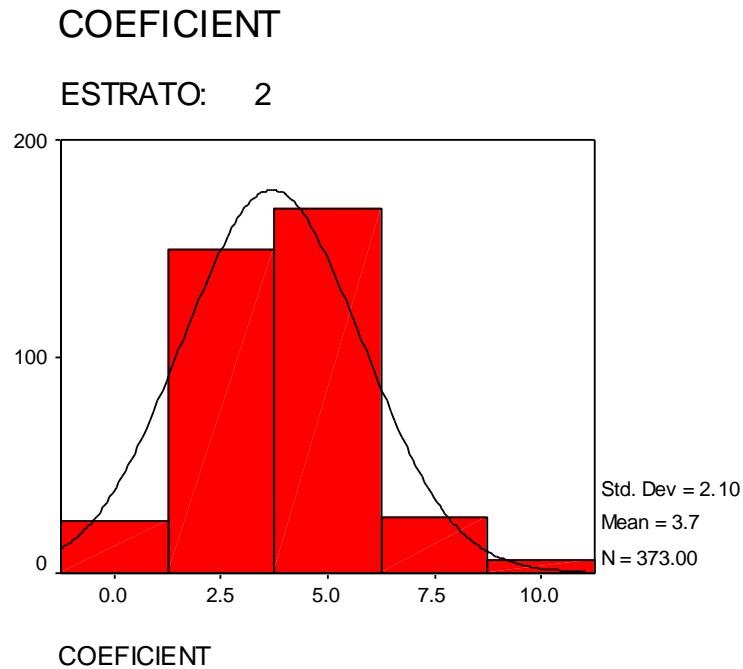
A continuación se presenta un ejemplo gráfico de una prueba realizada en los dos sectores definidos para el estudio, tomando en cuenta la variable de altura sobre el nivel del mar para dichos sectores.

Gráfica 1

Comportamiento del Coeficiente de uniformidad en prueba del sector 1



Gráfica 2
Comportamiento del Coeficiente de Uniformidad en prueba del sector 2



Con la finalidad de conocer estadísticamente el comportamiento de las desviaciones estándar de las variables estudiadas, a continuación se presenta un cuadro de análisis.

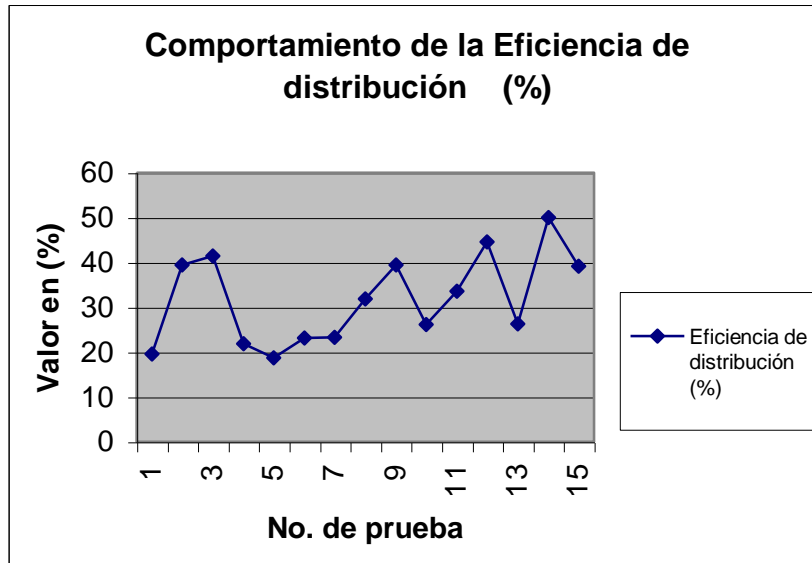
Cuadro 2
Comportamiento de la desviación estándar de las variables en estudio

Variable	N	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desviación estándar
Pendiente	15	33	44	38.87	3.02
Presión	15	25	72	47.4667	14.1111
Caudal	15	3.96	5.86	4.8873	0.5288
Coeficiente de Uniformidad (Cu)	15	42.14	76.71	57.1087	9.7132
Lámina de descarga	15	0.03329	0.94670	0.3683013	0.3718424
Eficiencia de distribución (Ed)	15	18.69	50.01	31.8873	9.9756

FUENTE: Aplicación de programa estadístico SPS a los datos obtenidos en el estudio

Gráfica 3

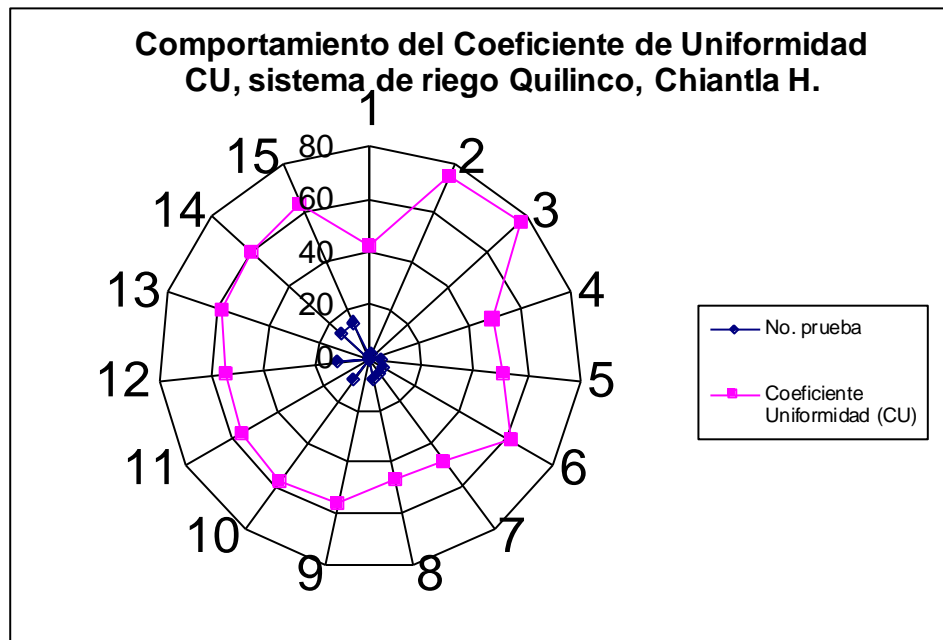
Comportamiento de la Eficiencia de distribución (ED) de agua del sistema de riego por aspersión, aldea Quilenco Chiantla H.



Fuente: Pruebas de campo en parcelas de productores usuarios del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla H.

Gráfica 4

Comportamiento del Coeficiente de Uniformidad en el sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla, Huehuetenango.



Fuente: Pruebas de campo en parcelas de productores Usuariosdel sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla H.

Luego de analizar los diferentes comportamientos tanto de la Eficiencia de distribución (ED) y del Coeficiente de uniformidad (CU) con datos provenientes de las pruebas de campo se dictamina que existen problemas técnicos en la aplicación del agua de riego debido a las variaciones de uniformidad, sin embargo con la finalidad de fundamentar teóricamente los resultados manifestados se procedió a realizar pruebas estadísticas cuyos resultados se presentan a continuación:

Cuadro 3

Análisis de desviación estándar de la Eficiencia de Distribución (ED)

Variable	N	X	sd	sdEx
ED	15	31.8873	9.9756	2.5757

Prueba de "t" de la Eficiencia de distribución (ED)

Variable	Test value = 80					
	t	df	sig	Dif. xs	Intervalos	
					mínimo	máximo
ED	-18.68	14	0.000* altamente significativa	-48.1127	-53.63	-42.5884

4.1.3 Coeficiente de Uniformidad y su relación con el manejo del sistema por parte del agricultor:

Cuadro 4

Comparación de las principales características de aspersores recomendados en el diseño del sistema y aspersores de uso actual

Características	Diseño original (aspersores de metal U-61 D)	Uso actual (aspersores plásticos convencionales)
Área de cobertura del aspersor por día	0.08 hectáreas El 100% de productores han cambiado el aspersor original	0.04 hectáreas (espaciamiento entre aspersores de 5 a 10 m)
Diámetro de boquilla	3.57 mm	4 mm
Diámetro de cobertura	23.40 metros	10 metros
Presión de operación	35 PSI	22 PSI
Caudal del aspersor	3.64 gal/min	5.6 gal/min
Traslape	60%	n/d

Fuente: boleta de caracterización del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilínco, Chiantla Huehuetenango y documento de diseño original del sistema.

Cuadro 5

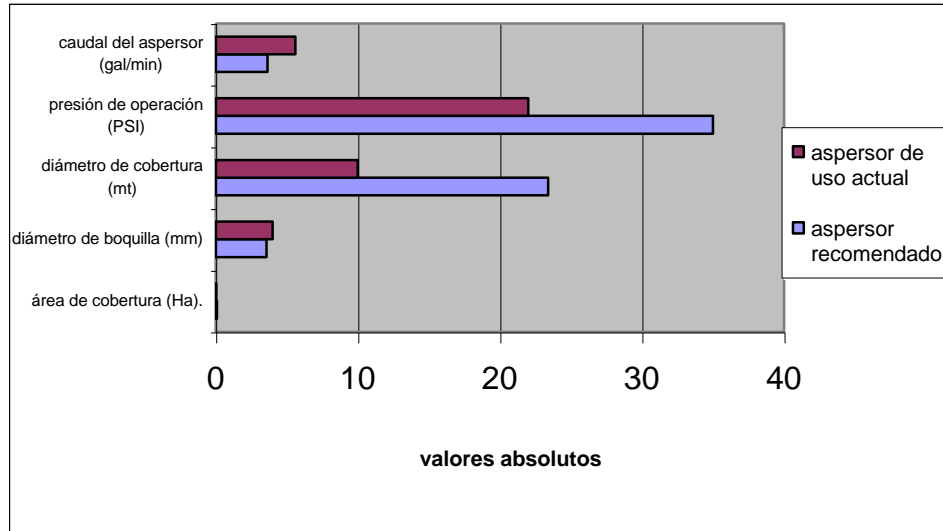
Comparación del diseño agronómico del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilínco, Chiantla, Huehuetenango

Características	Diseño original	Uso actual
Fuente	río Selegua	
Sistema	Gravedad/aspersión	
Caudal de diseño	8.09 l/seg	8.00 l/seg.
área de cobertura del aspersor/día	0.08 hectáreas	0.04 hectáreas
Frecuencia de riego	4 días	De 1 a 3 días (79% de productores) y de 4 a 6 días (21% de productores)
Tiempo por posición del aspersor	6 horas	6 horas (49% de productores) y de 7 a 9 horas (51% productores)
Área de riego		74% de los productores riega de 1 a 3 cuerdas y el 26% riega de 4 a 6 cuerdas

Fuente: boleta de caracterización del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilínco, Chiantla Huehuetenango y documento de diseño original del sistema.

Gráfica 5

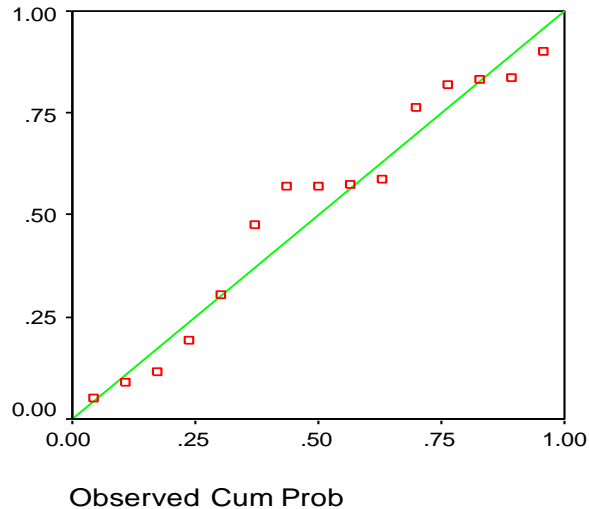
Comparación de las principales características entre el aspersor recomendado en el diseño vrs aspersores de uso actual



Fuente: Pruebas de campo en parcelas de productores usuarios del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla H.

4.1.4 Regresión de Eficiencia de Distribución contra caudal y lámina de descarga:

Gráfica 6
Regresión de ED contra Q y Lc
Normal P-P Plot of Regression Stand
Dependent Variable: ED



Fuente: análisis estadístico de los datos de campo(SPS)

4.1.5 Coeficiente de Uniformidad y su relación con la velocidad de rotación:

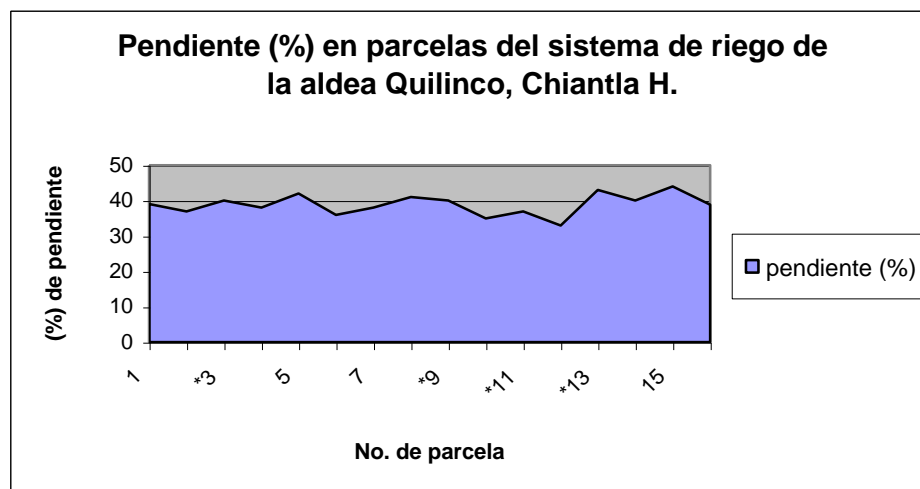
En cuanto a la dirección del viento, predomina la dirección sureste, en promedio se tiene una velocidad de $X+ 9.42$ Km/hr., según la estación meteorológica ubicada en la aldea Asilvo Chancol Chiantla, es considerada como viento fuerte, este factor afecta la velocidad de rotación del aspersor al presentar mayor tiempo de rotación del mismo en el cuadrante opuesto a la dirección, en tal sentido se tiene para la dirección Sur-Este un tiempo de rotación para los cuadrantes 1, 2, 3 y 4 las medias expresadas en segundos 13.26, 13.93, 14.52 y 14.84, lo que indica que se tiene más tiempo de rotación en los cuadrantes 3 y 4.

4.1.6 Pendiente de las parcelas de los productores:

Las características del área en estudio, manifiestan pendientes irregulares que oscilan en rangos de 35 a 44 %, con promedio total de 38.87%, ubicada en las faldas de la Sierra escarpada de Los Cuchumatanes, con una desviación estándar de 3.02. Los resultados se observan a través de la siguiente gráfica:

Gráfica 7

Pendiente en las parcelas evaluadas del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilinco, Chiantla Huehuetenango

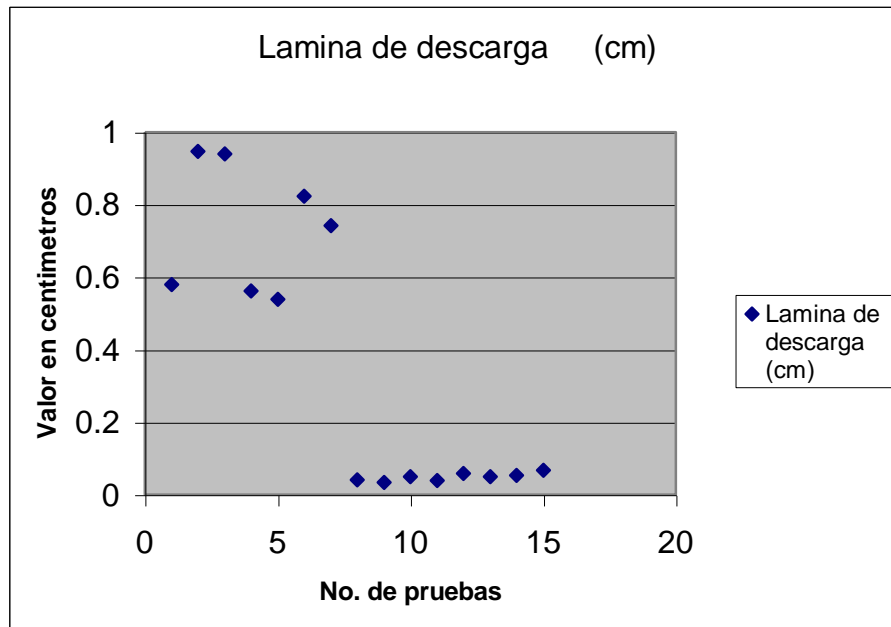


Fuente: Pruebas de campo en parcelas de productores usuarios del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilinco, Chiantla H.

4.1.7. Lámina de descarga de aspersores de uso actual:

Gráfica 8

Comportamiento de la lámina de descarga por parte del aspersor del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilinco, Chiantla H.



Fuente: Pruebas de campo en parcelas de productores usuarios del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilinco, Chiantla H.

Como puede observarse en los resultados finales las láminas de descarga son muy bajas y oscilan en rangos que van de 0.03 a 0.94 centímetros, el promedio de lámina de descarga es de 0.37 centímetros, lo que refleja la problemática existente en la uniformidad de distribución de agua, debido a que en algunas parcelas la uniformidad de aplicación es alta y las láminas de descarga también son altas, sin embargo existen parcelas en donde la lámina de descarga es baja y la uniformidad de aplicación es aceptable.

Cuadro 6

Análisis estadístico de los valores de lámina de descarga

	Sector	N	Media	Std.	Mínima	Máxima
1	Parcelas de 1 a 7	277	53.9928	34.3334	2.0	116.0
2	Parcelas de 8 a 15	277	3.5523	2.0470	1.0	10.0

Cuadro 7

Resultados sobre diferencia entre la distribución de probabilidad en la caída de agua entre los sectores 1 y 2

Sector	N	Media de rangos	Suma de rangos
Sector 1	276	506.62	139827.50
Sector 2	373	190.61	71097.50
total	649		

Análisis estadístico	
	COEFICIENTE
Mann-Whitney U	1346.500
Wilcoxon W	71097.500
Z	-21.436
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000**
A Grouping Variable: ESTRATO	

La prueba de Mann-Whitney U y Wilcoxon W rank sum test para muestras independientes, indica que **hay suficiente evidencia con alta significancia para rechazar la hipótesis nula 2 (Ho.2), la cuál literalmente dice “la distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector 1 y 2 son similares”**. Esto se evidencia debido a que la media del sector 1 (5.39928 cm) tiende a ser mayor que la media del sector 2 (0.35523 cm).

4.2 Resultados del estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con relación al diseño original.

4.2.1 Resultados sobre el grado de organización de los usuarios:

Los productores al iniciar la gestión de la construcción del sistema de riego se vieron en la necesidad de organizarse constituyendo un Comité de riego con la cantidad de 89 productores (ninguna mujer) y eligiendo una Junta Directiva integrada por 6 personas, dicho comité fue legalmente constituido en la Gobernación Departamental de Huehuetenango.

Inicialmente en dicho Comité existió alto poder de convocatoria, participación activa, toma de decisiones en consenso y se cumplían las recomendaciones técnicas de manejo en el diseño del sistema. Sin embargo, los productores han manifestado que actualmente la Junta Directiva no ejerce sus funciones adecuadamente, el poder de convocatoria es muy bajo y no se respetan las recomendaciones emanadas en el diseño del sistema, debido a la falta de seguimiento y evaluación por parte de la Junta Directiva y a que solo se reúnen para tratar aspectos sobre el funcionamiento del sistema cuando tienen que planificar la limpieza de los tanques de captación y distribución y cuando existen desperfectos en dicho sistema (rompimiento de tubería, válvulas rompe presión, y otros) teniendo que aportar cuotas monetarias para su reparación.

La frecuencia de reuniones es muy baja (a cada 3 meses) y se realizan aprovechando el interés de los productores en la planificación de las etapas de siembra con la presencia de representantes de las agro exportadoras participando un poco más de la mitad de los integrantes del Comité, los temas sobre el funcionamiento del sistema son muy pocos y se nota un conformismo en los productores por la operativización del mismo.

4.2.2 Resultados de las condiciones actuales de la infraestructura del sistema de riego por aspersión, aldea Quilinco, Chiantla

El segundo objetivo específico del presente estudio trata sobre el interés de evaluar y comparar el estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con el diseño original del sistema, la finalidad fue conocer en qué medida han ocurrido cambios dentro del diseño original y además conocer cuál es el estado físico de dicha infraestructura debido a que representa para los productores y OG´s/ONG`s inversión de recursos económicos y es importante conocer en qué medida dichos recursos están siendo aprovechados por los productores para el incremento de su capacidad productiva.

Para la obtención de resultados se utilizó una boleta de encuesta con el propósito de recabar información concreta y específica a través de preguntas directas a los productores, además de caminamientos para verificar el estado físico del mismo en el área bajo estudio.

Para poder evaluar el estado físico de la infraestructura del sistema, se procedió a formular una serie de indicadores básicos sobre el funcionamiento ideal de la infraestructura en sus diferentes temas y de esta forma contar con criterios claramente establecido para calificar dicho funcionamiento en las categorías de bueno, regular y malo, a continuación se presentan los siguientes resultados obtenidos:

Cuadro 8

Estado físico de la infraestructura del sistema de riego por aspersión de la aldea
Quilínco, Chiantla Huehuetenango

Nombre	Indicadores básicos o criterios para calificar el estado físico de la infraestructura “como bueno”	Estado físico de la infraestructura de riego		
		bueno	regular	malo
1. Fuente de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • Circulada • Reforestada • Mantiene su caudal original 		X	
2. Tanque de captación	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • Llaves de paso para facilitar la limpieza • Existencia de filtros contra impurezas • Sin ranuras • Limpio de impurezas 		X	
3. Tanque de distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • Llaves de paso para facilitar la limpieza • Existencia de filtros contra impurezas • Sin ranuras • Limpio de impurezas 		X	
4. Tubería de conducción	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • No expuesta a la superficie y riesgos • Adaptaciones en buen estado (sin fugas) • Limpia de impurezas 		X	
5. Tubería de distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • No expuesta a la superficie y riesgos • Adaptaciones en buen estado (sin fugas) • Limpia de impurezas 		X	
6. Llaves de paso y válvulas rompe presión	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento (limpieza y engrase) • Cajas de concreto en buen estado • Sin presencia de fugas 			X
7. Base del aspersor	<ul style="list-style-type: none"> • Uniformes a una misma altura 			

	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicadas en los distanciamientos recomendados en el diseño del sistema 			X
8.Mangueras	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • Uso de mangueras recomendadas en el diseño • Sin presencia de fugas 			X
9.Aspersores	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza periódica • Uso de aspersores recomendados en el diseño 			X

En relación a los aportes para el mantenimiento del sistema, actualmente no tienen establecido un monto de aporte por año para dicho fin, aportan esporádicamente dependiendo la magnitud de los daños en dicho sistema y los rangos de aportes van de Q. 25.00 a Q. 150.00 por cuerda bajo riego.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Determinación de la Eficiencia de distribución (ED), Coeficiente de Uniformidad (Cu), con base al manejo del agricultor, presión de operación, velocidad del viento y tiempo de riego por posición.

5.1.1 Determinación de la Eficiencia de distribución (Ed)

Como pudo apreciarse en la presentación de resultados (capítulo anterior), la Eficiencia de distribución (ED) del sistema de riego de la aldea Quilenco Chiantla Huehuetenango es 31.89% con rangos que oscilar entre el 19.5 al 50% en las 15 pruebas realizadas. Estos valores reflejan la problemática existente en el funcionamiento del sistema de riego por aspersión y validan los comentarios de los productores en el sentido que dicho sistema no está satisfaciendo las necesidades de uniformidad en la aplicación de agua de riego a los cultivos sembrados y además según datos obtenidos en la encuesta hace resaltar que los productores tengan que regar en horas de la noche y madrugada práctica que resulta tediosa y no adecuada, además de un 20% de los productores que tiene que regar manualmente debido a problemas de falta de agua en las parcelas o a traslapes.

Es de hacer notar que el 100% de los productores ha cambiado el tipo de aspersor recomendado (U-61D), por aspersores plásticos con características de diámetro de boquilla y cobertura, requerimientos de presión para funcionar y caudal de aspersión diferentes, estos factores contribuyen a que los porcentajes en la eficiencia de distribución de agua de riego en las parcelas, sean muy bajos e irregulares.

Adicional al valor de la ED, se debe considerar el Coeficiente de uniformidad (Cu) debido a que son valores estrechamente relacionados para determinar si la distribución de agua en un sistema de riego se desarrolla de manera uniforme, el valor determinado del Cu para el sistema de riego en estudio es de 57.11.

Al aplicar análisis estadísticos a los resultados obtenidos se reflejan desviaciones estándar irregulares en el Coeficiente de Uniformidad (9.7132) y Eficiencia de distribución (9.9756) sin embargo los datos son simétricos en las pruebas realizadas en este estudio.

Con la finalidad de conocer el grado de significancia estadística en la Eficiencia de distribución (ED), se realizó la prueba de “t” a los valores encontrados en las pruebas de campo, los resultados presentados en el capítulo anterior reflejan alta significancia (0.000), de donde se puede argumentar que se **rechaza la hipótesis nula 1, (Ho1) que literalmente dice “El sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango, funciona con una Eficiencia de distribución (ED) igual o superior al 80%.**

Debido a que hay suficiente evidencia al 1% para decir que el promedio del porcentaje de Eficiencia de distribución (ED) del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango que actualmente es de 31.89%; no es igual o superior al 80%.

5.1. 2 Determinación del Coeficiente de Uniformidad

Existen factores que al interrelacionarse entre sí afectan el funcionamiento del sistema de riego y como consecuencia reflejan un bajo Coeficiente de uniformidad (Cu), como puede apreciarse en la presentación de resultados el cuadro 1 refleja rangos en el Coeficiente de uniformidad que oscilan entre 42.14% a 63.86% en las 15 pruebas realizadas, al aplicar el promedio de Cu nos refleja un valor de 57.11% para el sistema de riego, este valor manifiesta que existen irregularidades en la uniformidad de aplicación de agua de riego debido a que se considera por abajo del 80% que es el valor mínimo para considerar que un sistema de riego funciona adecuadamente en su parámetros de uniformidad.

Se puede apreciar en las gráficas 1 y 2 el comportamiento del Coeficiente de uniformidad (Cu) en las pruebas realizadas a los sectores 1 y 2, al aplicar análisis estadístico se puede manifestar que aunque existen desviaciones estándar muy variables los datos manifiestan simetría en su comportamiento, esto se debe a que el porcentaje del Cu se encuentra en un valor intermedio de funcionalidad (57.11), que aplicando medidas técnicas de manejo pueden superar el porcentaje de uniformidad.

Con la finalidad de describir los principales hallazgos que fundamentan el bajo coeficiente de uniformidad a continuación se analizan las principales causas, relacionando el valor del CU con las variables que tienen relación dentro del sistema de riego:

5.1.3 Coeficiente de uniformidad y su relación con el manejo del sistema por parte del agricultor

Luego de analizar los resultados presentados en el capítulo anterior, se puede manifestar que en relación al uso y manejo del agua de riego por parte del productor existen anomalías que restringen el funcionamiento adecuado del sistema los cuales muchas veces son consecuencia de la falta de asistencia técnica (desconocimiento) y muchas veces son actividades de favoritismo personal que afectan el funcionamiento adecuado de los sistemas de riego, (ej. tener la facilidad de regar más del tiempo de lo requerido debido a que no existe un control interno dentro del sistema). A continuación se presentan los siguientes comentarios:

En lo que respecta al número de cuerdas regadas por los productores se determinó según datos obtenidos en la encuesta que un alto porcentaje (74%) riega de 1 a 3 cuerdas y un 26% riega de 4 a 6 cuerdas, como puede apreciarse la mayoría de productores carecen de extensión para regar y se ven afectados grandemente cuando los requerimientos de agua en sus cultivos no son suministrados adecuadamente presentándose problemas fisiológicos en el desarrollo de los mismos principalmente en crucíferas cuya siembra es la principal actividad agrícola y en donde tienen definido un

sistema de trabajo a través de agro exportadoras provenientes del departamento de Chimaltenango, en donde las empresas proveen de semilla, insumos y la comercialización mediante contratos previamente establecidos en la siembra.

En lo referente al espaciamiento entre aspersores, el diseño original manifiesta que el área de cobertura del aspersor por día debería de ser de 0.08 hectáreas, sin embargo actualmente el 100% de productores utilizan espaciamientos de 5 a 10 metros que da como resultado un área de cobertura del aspersor por día de 0.04 hectáreas.

Además existen cambios graduales en las características de los aspersores originales por aspersores plásticos de uso convencional, principalmente en lo que respecta al diámetro de boquilla (0.47 mm más grande que el aspersor original), diámetro de cobertura (13.4 metros menos que el aspersor original) y al caudal de salida del aspersor (1.96 gal/min más que el aspersor recomendado).

Estos valores dan a conocer los cambios en el diseño original del sistema (gráfica 5) y se atribuye principalmente a que los productores han cambiado en un 100% el uso de los aspersores recomendados (metal) por aspersores plásticos argumentando que inicialmente existieron robos en los aspersores recomendados, requerían de mucha presión para operar, manifestaban problema de rotación y además el diámetro de mojado era muy alto provocando demasiados traslapes en las parcelas debido al minifundio existente y a que regularmente los senderos de los terrenos están delimitados por viviendas, caminos y son terrenos de forma irregular.

Otro de los hallazgos significativos consiste en la frecuencia de riego, el diseño original del sistema recomienda regar a cada 4 días, sin embargo los datos recabados en la boleta reflejan que actualmente el 79% de los productores riegan los cultivos con frecuencias que van de 1 a 3 días y solamente el 21% esta aplicando dicha recomendación regando con frecuencias que van de 4 a 6 días.

Estos hallazgos manifiestan irregularidades en el uso del sistema lo cual se refleja al realizar las evaluaciones del Coeficiente de uniformidad (Cu) y Eficiencia de distribución (ED). Los principales argumentos de los productores de no acatar las recomendaciones emanadas en el diseño del sistema son:

- La irregularidad de las propiedades físicas del suelo,
- La ubicación de las parcelas respecto a la salida del sol, argumentan que existen parcelas que retienen humedad por lo tanto requieren menos agua y hay otras que necesitan más agua debido a problemas de sequías,
- Manifiestan que en la siembra de crucíferas (brócoli, coliflor y repollo) estos cultivos requieren abundantes cantidades de agua y si no se suministra lo requerido no desarrollan sus actividades fisiológicas,
- Finalmente comentan que existen parcelas afectadas por el suministro de agua (principalmente las que tienen mayores alturas) teniendo que regar en horas de la noche y madrugada práctica que resulta muy tediosa y propicia malestar en los productores afectados.

Estos problemas hacen notar lo siguiente:

- a) no existe un control adecuado sobre el funcionamiento del sistema y se debe principalmente por carecer de un reglamento que norme los beneficios y obligaciones que deben ser cumplidos en la operación del sistema.
- b) se carece de un calendario de riego que ordene los turnos en el uso del sistema y la frecuencia de riego.
- c) se requiere de estudios sobre el uso consuntivo de los cultivos principales para definir la aplicación de láminas de riego adecuadas considerando además las propiedades físicas y químicas de las parcelas.

Para fines de apoyo en el capítulo VIII del presente documento se propone un reglamento que al criterio del comité de riego, podría implementarse en el sistema de riego.

Afortunadamente, pese a que no existen prácticas de manejo y conservación de los recursos naturales en las áreas de recarga hídrica y en el área de la captación del agua proveniente del río el caudal se mantiene, debido a que según el aforo realizado el caudal de ingreso al tanque de captación es de 8 litros/segundo. Sin embargo se denota una reducción de 0.09 litros/segundo respecto al caudal original de diseño pero se analiza que dicho valor no afecta el funcionamiento del mismo.

5.1.4 Regresión de Eficiencia de distribución (ED) contra caudal (Q) y lámina de descarga (lc)

En la gráfica 6 del capítulo anterior, se representan los valores de caudal y lámina de descarga con relación a la Eficiencia de distribución, se puede observar que existen irregularidades en su comportamiento, al aplicar las pruebas estadísticas de desviación estándar podemos apreciar que las mismas son variables, para el caudal (0.5288), para la lámina de descarga (0.3718424) y para la Eficiencia de distribución (9.9756), como resultado de este análisis se puede manifestar que aunque los datos reflejan cierta simetría en su comportamiento, los mismos denotan un mal funcionamiento en relación a la uniformidad en la aplicación de agua de riego en el sistema.

Al realizar un análisis sobre el comportamiento de la ED y su relación con la presión de operación del sistema, se puede argumentar que existe una relación directamente proporcional entre ambos valores, de tal forma que a mayor presión de operación existe un mayor ED, sin embargo existen otros factores independientes que tienen relación con este comportamiento y entre ellos se mencionan la pendiente, velocidad del viento y estado físico de los aspersores.

Los datos obtenidos a través del uso del tubo pito en la boquilla de los aspersores de las parcelas evaluadas, los rangos de presión oscilan entre 22 a 48 PSI, sin embargo la ED y Cu se mantiene en valores cuyos rangos oscilan entre 45 a 58. Lo anterior puede argumentarse a que los aspersores actualmente utilizados operan con bajos

requerimientos de presión (25 a 35 PSI), sin embargo su funcionamiento no permite una distribución adecuada del agua de riego.

En relación al caudal de salida de aspersores, los volúmenes tienen ciertas variaciones en las diferentes parcelas evaluadas y oscilan en los rangos que van de 3.96 a 5.86 gal/min. Dichas variaciones son consideradas de importancia debido a que manifiestan el grado de irregularidad en el suministro de agua en las parcelas, esto justifica que los productores alarguen el tiempo de riego, no respeten los turnos establecidos y la frecuencia de riego sea más corta debido a que no se aplican las láminas de agua adecuadas y suficientes para suplir de humedad el suelo.

5.1.5 Coeficiente de uniformidad y su relación con la velocidad de rotación

Los resultados arrojados por la estación meteorológica ubicada en la aldea Chancol Chiantla, manifiestan que el área los vientos son catalogados como fuertes, principalmente en horas de la tarde y se debe principalmente a que la aldea Quilincó está ubicada en las faldas de la Sierra de Los Cuchumatanes.

La dirección y velocidad del viento junto a los cambios variables en la presión de operación del sistema de riego, influyen en el comportamiento del Coeficiente de uniformidad y la Eficiencia de distribución de agua de riego, debido principalmente a que los aspersores originales fueron recomendados a operar a una presión de 35 PSI y durante el desarrollo de las pruebas el promedio de presión se registra en 47.47 PSI, la operatividad de los aspersores de uso actual (plásticos de uso convencional) no es adecuada, reduciendo la capacidad en el diámetro de mojado y las gotas se tornan muy finas y pequeñas haciéndolas muy sensibles a la velocidad del viento, arrastrándolas juntamente con el e impidiendo que lleguen al objetivo deseado.

Estos hallazgos manifiestan anomalías en el manejo del sistema los cuales afectan grandemente el comportamiento del coeficiente de uniformidad, debido a que el productor no respeta los turnos de riego y al operar los aspersores simultáneamente

dentro del sistema existen deficiencias de caudal de salida de apersones, reducción en la presión de operación, el área de cobertura del aspersor por día se reduce y otros problemas que afectan la eficiencia en la operatividad del sistema de riego.

5.1.6 La pendiente en las parcelas de los productores:

El factor de la pendiente afecta grandemente en que se manifieste un bajo coeficiente de uniformidad y uniformidad de aplicación del agua, debido a la topografía no permite que el agua se disperse de una manera homogénea y además se manifiestan muchos problemas de traslape y factores atmosféricos principalmente por corrientes de aire, estos y otros hallazgos hacen considerar que el área bajo estudio no es apta para la implementación de sistemas de irrigación por aspersión.

5.1.7 Análisis del comportamiento de la lámina de descarga de aspersores

En la gráfica 8 (capítulo anterior), se puede observar que los valores de las láminas de descarga son muy bajos e irregulares, por consiguiente manifestar que existen problemas de distribución de agua, los volúmenes irrigados no son los adecuados de acuerdo a las propiedades del suelo, adicional a lo anterior se pueden mencionar irregularidades en el funcionamiento del mismo por ejemplo que el 51% de los productores no respetan el tiempo de riego establecido en el diseño (6 horas) puesto que riegan en rangos que van de 7 a 9 horas.

Además si analizamos que el sistema de riego fue diseñado para regar cultivos hortícola con frecuencias de riego promedio de 4 días, podemos observar según los datos de la encuesta que el 79% de los productores riegan los cultivos con frecuencias que van de 1 a 3 días, estos problemas contribuyen a que la distribución de agua no sea la adecuada en las parcelas.

La desviación estándar de la lámina de descarga es de 0.371 valor que manifiesta que existe variabilidad en la aplicación de agua y se comprueba el argumento de los

productores del sector 2 que manifiestan que no reciben la misma cantidad de agua que los del sector 1. El estudio se realizó considerando 2 sectores, el sector 1 que comprende las parcelas del 1 al 7 (que están abastecidas por el ramal 1 del sistema de conducción de agua de riego) y el sector 2 que comprende las parcelas del 8 al 15, (que están abastecidas por el ramal 2 del sistema de conducción de agua de riego).

El comportamiento de la lámina de descarga de aspersores manifiesta problemas de aplicación de agua en el 50% de las parcelas bajo estudio, estas parcelas están ubicadas en el sector 2 (ramal 2) y están ubicadas en la zona alta del sistema de riego.

Dichos sectores poseen características homogéneas en propiedades del suelo, las parcelas ubicadas en el sector 2 están ubicadas en alturas comprendidas entre los 2,500 msnm a los 2,650 msnm, además se consideró el argumento de los productores del sector 2 el cuál es “que no reciben la misma cantidad de agua que los del sector 1”.

Con fines de evaluar los problemas de variabilidad de las láminas de descarga en ambos sectores se planteó la hipótesis nula 2 que literalmente dice “La distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector 1 y 2 son similares”.

Con las gráfica 8 que reflejan el comportamiento de las láminas de descarga de las parcelas bajo estudio se puede apreciar que existen irregularidades en ambos sectores.

Para fines de comprobar estadísticamente que en ambos sectores existe irregularidad en la cantidad de agua aplicada (láminas de descarga en cm) se procedió a realizar una prueba de wilcoxon Signed Rank's Test, medida no paramétrica para variables independientes.

Los resultados de la prueba de Mann-Whitney U y Wilcoxon W rank sum test para muestras independientes (cuadro 7), indica que **hay suficiente evidencia con alta significancia para rechazar la hipótesis nula 2 (Ho.2), la cuál literalmente dice “la distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector**

1 y 2 son similares". Esto se evidencia debido a que la media del sector 1 (5.39928 cm) tiende a ser mayor que la media del sector 2 (0.35523 cm).

Lo anterior nos indica que debe considerarse una revisión exhausta del sistema debido a que los productores que tienen sus parcelas ubicadas en la parte alta son los más afectados y manifiestan descontento en el funcionamiento del sistema.

5.2 Análisis del estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con relación al diseño original.

5.2.1 Discusión de resultados sobre el grado de organización de los usuarios

Al analizar los resultados presentados en el capítulo anterior, se puede manifestar que actualmente el grado de organización social comunitaria es muy débil, la Junta Directiva no ejerce sus funciones debidamente y no cuentan con un reglamento interno que ordene su trabajo, no existe voluntad de los integrantes del Comité por organizarse y se observan acciones de individualismo.

La falta de un reglamento en el funcionamiento del sistema, calendarios de riego y un comité de vigilancia que se encargue por el cumplimiento del mismo incrementa los problemas de desorden debido a que no tienen restricciones para la toma de decisiones y generalmente las toman para su propio beneficio sin considerar el daño que hacen al funcionamiento del sistema y por ende a los mismos usuarios.

Existen algunas instituciones que brindan asistencia técnica pero no precisamente en el uso y manejo del sistema, la Cooperativa de Servicios Varios San Bartolo. R.L. cuya sede es en la aldea Los Regadillos, Chiantla brinda asistencia técnica en temas ambientales y agrícola pero generalmente la asistencia técnica va dirigida a sus asociados y dentro del grupo no todos son socios de dicha organización.

Por lo anteriormente descrito se denota falta de instituciones que brinden asistencia técnica en el tema de riego y que contribuyan a mejorar las prácticas de manejo utilizados por el productor mejorando la eficiencia en el funcionamiento de los sistemas de riego.

5.2.2 Análisis de las condiciones físicas de la infraestructura del sistema de riego por aspersión, aldea Quilenco, Chiantla

5.2.2.1 Fuente de agua: La fuente de agua es el río Selegua y la entrada del caudal al tanque de captación se conserva con su caudal original (8 litros/segundo), esta circulada con cerco de alambre, sin embargo se evidencia que no existe voluntad de los productores para reforestar la parte de recarga hídrica, debido a una excesiva deforestación existente en las faldas de la Sierra de Los Cuchumatanes, adicional a la falta de voluntad los propietarios de los terrenos que comprenden el área de recarga hídrica no son miembros del comité de riego y los terrenos son utilizados principalmente para el pastoreo de ovinos y bovinos.

5.2.2.2 Tanque de captación: No se cuenta con un filtro de agua que permita prevenir el ingreso de materiales como tierra, rocas, basura y otros por tanto se observa presencia de desechos que obstaculizan y dañan la calidad de agua captada. Además no existe una llave que se utilice para cerrar el paso de agua y facilite la limpieza del tanque de captación, esto dificulta dicha actividad y permite que los socios no participen en la limpieza del mismo debido a las incomodidades para realizar su limpieza (agua demasiado fría), en términos generales se puede decir que actualmente la infraestructura del tanque de captación se encuentra en regular estado.

5.2.2.3 Tanque de distribución: Se observa que dicho tanque manifiesta los requerimientos deseados para su funcionamiento es decir esta en buen estado de funcionamiento, lastimosamente no se cuenta con una estrategia de limpieza y seguridad de que el agua este distribuyéndose de forma adecuada, debido a que manifiesta impurezas que afectan su distribución a nivel de finca.

5.2.2.4 Tubería de conducción de agua: Mucha de la tubería de conducción de agua esta expuesta a la superficie de las parcelas por lo tanto tienen mayores daños ocasionados por factores atmosféricos y además riesgos por rompimientos intencionales o accidentales. Además existen adaptaciones o arreglos en la tubería de conducción que no presentan las condiciones de garantía adecuadas, manifestándose en algunas de ellas fugas de agua y presión.

5.2.2.5 Tubería de distribución de agua: Los problemas son similares a los de la tubería de conducción, sin embargo el estado físico de ambas puede evaluarse como regular.

5.2.2.6 Llaves de paso y válvulas rompe presión: Las llaves de paso y válvulas rompe presión no tienen mantenimiento para el caso de las cajas de concreto algunas no tienen tapaderas y están expuestas a factores atmosféricos, se tornan oxidadas y en algunos casos manifiestan fugas de agua, además no existe control sobre el manejo de las mismas debido a que muchos usuarios toman las decisiones sobre abrir o cerrarlas de acuerdo a sus conveniencias, afectando a otros productores que están haciendo uso del sistema y además reduciendo la eficiencia en su funcionamiento.

5.2.2.7 Base del aspersor: Según observaciones realizadas en las parcelas de los productores, las bases de metal para operar los aspersores proporcionadas por el Proyecto de Desarrollo Rural de la Sierra de Los Cuchumatanes –PCUCH- ya no están siendo utilizadas por el 100% de los productores, argumentan que fueron robadas y que el acarreo de las mismas es muy tedioso, por lo que actualmente utilizan estacas de diferentes alturas y posiciones afectando la uniformidad de distribución del agua de riego. El estado de la infraestructura en este aspecto se cataloga como malo, debido a que el diseño original estableció las alturas adecuadas a las cuales debería funcionar el aspersor y de esa forma mejorar la eficiencia en la aplicación de agua, sin embargo actualmente utilizan alturas irregulares y sin posicionamientos definidos (distanciamiento entre aspersores muy variable).

5.2.2.8 Mangueras: El 75% de los productores han cambiado la calidad y diámetro de las mangueras, utilizando mangueras convencionales de pvc de características no adecuadas para riego, con poca flexibilidad y de diámetros mayores a las recomendadas ($\frac{1}{2}$ pulgada), además según datos obtenidos en la encuesta el 78% de los productores revisan el funcionamiento de las mangueras cada semana y un 22% cada mes, argumentando que las fugas en la mayoría de casos se originan cuando el equipo ha perdido su consistencia por el uso y ellos se dan cuenta según sus registros de compra. Por lo tanto el estado de dicha infraestructura es considerado como malo.

5.2.2.9 Aspersores: El 100% de productores han cambiado los aspersores recomendados en el diseño (de metal), por aspersores plásticos de baja calidad y costo, con características diferentes en diámetro de boquilla y cobertura, requiriendo menor presión y con mayor caudal de descarga, afectando la uniformidad de distribución del agua de riego en las parcela, por lo tanto el estado de dicha infraestructura es considerado como malo.

Finalmente, al analizar la situación de los aportes de los usuarios del sistema de riego, se considera que debe implementarse un sistema administrativo que registre y brinde seguimiento a un tipo de aporte semestral o anual por parte de los productores, de manera de crear un fondo que permita destinar recursos económicos para reparar daños en el sistema cuando así lo amerite y poder además realizar el mantenimiento del mismo de forma asalariada, además esta estrategia podría contribuir a reducir el tiempo de reparación de dicho sistema debido a que argumentan según datos obtenidos en la boleta, que cuando ocurren ciertos daños tienen que reunirse para realizar el aporte y posteriormente reparar la infraestructura por lo cual dicha reparación es bastante tardada y además provoca daños en los cultivos debido a la falta de agua, principalmente en épocas de verano o ausencia de lluvias estacionalmente.

VI. PROPUESTA PARA MEJORAR LA SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION DE LA ALDEA QUILINCO, CHIANTLA H.

Para fines de contribuir con mejorar el funcionamiento del sistema de riego por aspersión del la aldea Quilenco, Chiantla se presenta a continuación una propuesta del reglamento que norme el funcionamiento y mantenimiento del sistema, el cuál puede ser implementado por el comité de riego:

PROPUESTA DEL REGLAMENTO A IMPLEMENTAR EN EL MANEJO DEL SISTEMA DE RIEGO QUILINCO

Los agricultores del sistema de riego de la aldea Quilenco, municipio de Chiantla, Departamento de Huehuetenango, acordamos constituírnos en comité de mini-riego, para administrar, operar, mantener y mejorar nuestro sistema, para el efecto nos regiremos bajo el siguiente reglamento, de su cumplimiento velará la junta directiva.

CAPÍTULO I

DEL COMITE DE MINI-RIEGO

Artículo 3o. ORGANIZACION: El comité de mini-riego se integra con los órganos siguientes: Asamblea general de usuarios; Junta directiva y comisión de operación y mantenimiento.

Artículo 4o. ASAMBLEA GENERAL DE USUARIOS: Es la máxima autoridad del sistema y se integra con la totalidad de sus miembros, reunidos en sesiones ordinarias y/o extraordinarias.

Artículo 5o. SESIONES ORDINARIAS: Se realizarán dos veces al año, una vez en el mes de julio y la otra en el mes de diciembre, para conocer y resolver asuntos ordinarios, como los siguientes: Informes de actividades; calendarios de riego; elección

de la junta directiva y comisión de operación y mantenimiento, planes de comercialización. La convocatoria la hará la junta directiva con quince días de anticipación.

Artículo 6o. **SESIONES EXTRAORDINARIAS:** Se realizarán cuando sea necesario resolver asuntos delicados y de extrema urgencia, relacionados con la operación y mantenimiento del sistema. La convocatoria la hará la junta directiva a solicitud de la comisión de operación y mantenimiento, o bien por un mínimo de diez usuarios del sistema.

Artículo 7o. **QUORUM:** Para la realización de las asambleas ordinarias o extraordinarias, es necesario contar con la presencia de las dos terceras partes del total de los usuarios inscritos en el registro.

CAPÍTULO II.

DE LOS USUARIOS DEL SISTEMA

Artículo 8o. DEFINICION: Usuarios del sistema son todas las personas que pertenecen al comité de mini-riego y que, por llenar los requisitos necesarios tienen derecho al uso del agua, para regar las parcelas que se encuentren anotadas en el registro de tierras bajo riego, ubicadas dentro de los linderos del proyecto.

Artículo 9o. REGISTRO DE USUARIOS: Es la relación actualizada de todos los usuarios del sistema y contendrá los datos siguientes:

1. No. de registro,
2. Nombre del usuario,
3. No. de parcelas y área,
4. Certificación de tierras bajo riego,
5. No. de acometidas,
6. No. de aspersores,
7. Tipo de aspersores.

Artículo 10o. TRANSFERENCIAS: Si, algún usuario transfiere sus derechos a otra persona, se realizará el trámite siguiente:

1. Solicitar por escrito, a la junta directiva, con treinta días de anticipación, la autorización para transferir sus derechos, indicando los motivos y el nombre de la persona que ocupará su lugar.

2. Presentación de los documentos legales necesarios para la aceptación del nuevo usuario y su inclusión en el registro de usuarios.

Una vez establecida la transferencia, el nuevo usuario hereda los derechos y obligaciones de quien le haya dejado su lugar.

Artículo Ilo. DERECHOS: Los derechos fundamentales de los usuarios son:

1. Recibir, en sus parcelas registradas, la(s) cantidad (es) de agua que previamente se haya (n) asignado.

2. Elegir y ser electo, para ocupar cargos en la junta directiva y la comisión de operación y mantenimiento del sistema.

3. Participar en cualquier reunión de asistencia técnica, sobre la administración y mejoramiento de la eficiencia del servicio, operación y mantenimiento del sistema.

4. Presentar las reclamaciones necesarias, ante la junta directiva, cuando consideren vulnerados sus derechos.

5. Recibir los insumos y servicios que le correspondan, como producto de las gestiones realizadas por la junta directiva ante otras instituciones de desarrollo en concepto de crédito y/o donaciones.

Artículo 12o. OBLIGACIONES: Las obligaciones fundamentales de los usuarios son los siguientes:

1. Mantener en condiciones óptimas la tubería de conducción y distribución, mangueras, accesorios y aspersores que haya recibido para regar sus tierras registradas.
2. Participar en las comisiones de trabajo que se le asignen para el mantenimiento del sistema.
3. Estar al día con sus cuotas establecidas por la Asamblea General, para el mantenimiento y operación del sistema.
4. Ocupar y cumplir con las atribuciones de los cargos para los cuales sea nombrado por la asamblea general.
5. Asistir puntualmente a las reuniones a las cuales sea invitado por la junta directiva.
6. Hacer los pagos puntualmente, cuando se haya comprometido con crédito, ante otras instituciones de desarrollo.
7. Notificar a la junta directiva cualquier cambio que se haga a nivel de parcela.
8. Cumplir con los turnos asignados, no alterar las condiciones de diseño.

CAPÍTULO III.

DE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Artículo 13o. La Asamblea General de usuarios nombrará una comisión de operación y mantenimiento.

Artículo 14o. INTEGRACION: La comisión de operación y mantenimiento del sistema de mini-riego, quedará integrada de la manera siguiente:

- Un coordinador que será el presidente de la junta directiva,
- Un encargado de operación,
- Un encargado de mantenimiento.

Artículo 15o. DURACION: La comisión de operación y mantenimiento, prestará sus servicios durante un año y su elección deberá constar en acta.

Artículo 16o. OPERACION: para operar el sistema de mini-riego, la comisión tendrá las funciones siguientes:

1. Llevar el control de los horarios y turnos de riego, conforme se especifica en el calendario elaborado en asamblea general de usuarios, con la asistencia técnica de un técnico.
2. Abrir y cerrar las compuertas de las captaciones, para control del flujo de agua.
3. Llevar un registro del número de aspersores autorizados por parcela.
4. Velar porque todas las parcelas bajo riego, tengan las estructuras de conservación de suelos recomendadas por los técnicos.

Artículo 17o. MANTENIMIENTO: Para dar un mantenimiento adecuado y permanente al sistema de mini-riego, la comisión coordinará las acciones siguientes:

1. Revisar periódicamente todo el sistema: Captaciones, válvulas, cajas de válvulas de limpieza, cajas de válvulas de aire y cajas de rompe-presión,
2. Limpiar y reforestar periódicamente, los terrenos donde se encuentra localizado el nacimiento,
3. Revisar y limpiar periódicamente, las pichachas de entrada de agua a las tuberías principales,
4. Cambiar inmediatamente, cualquier válvula y/o accesorios que, se encuentren en mal estado y permita fugas de agua o interrumpa el flujo de la misma,
5. Limpiar una vez por semana, las cajas rompe-presión, cajas de válvulas de aire, etc.
6. Cambiar o reparar inmediatamente, la tubería que se haya roto y que afecte el curso del agua,
7. Recordar periódicamente a los usuarios del sistema que, deben cuidar y mantener en buen estado los chorros, mangueras y aspersores, que les hayan sido autorizados dentro de sus parcelas.

Artículo 18o. GASTOS: Para sufragar los gastos que ocasione la operación y mantenimiento del sistema de mini-riego, la asamblea general de usuarios, establecerá un fondo común, recaudado y manejado por el tesorero de la junta directiva.

Artículo 19o. CUOTAS: Todos los usuarios, entregarán al tesorero de la junta directiva una cuota mensual de Q._____por cuerda para los gastos de mantenimiento y operación del sistema.

Artículo 20o. INFORMES: De todas las actividades realizadas, la comisión de operación y mantenimiento, presentará información detallada a los usuarios durante las asambleas generales que se realicen.

Artículo 21o. CONTROL: El tesorero de la junta directiva, será responsable de revisar periódicamente, que realice la comisión de operación y mantenimiento. Sólo la asamblea general autorizará los gastos extraordinarios que sean necesarios.

CAPÍTULO IV

INFRACCIONES Y SANCIONES GENERALES

Artículo 22o. FALTAS: Se consideran faltas graves en contra del sistema de mini-riego, las siguientes:

1. Talar los árboles que sirven de protección a las fuentes de agua,
2. Regar con mangueras,
3. No cumplir con las cuotas establecidas,
4. No respetar los turnos de riego,
5. Usar el agua para otra cosa que no sea el riego de las tierras registradas dentro del sistema,
6. Aumentar el número de aspersores y parcelas, sin la autorización de asamblea general,
7. Cambiar sin autorización la manguera y aspersor que se asignó inicialmente,
8. Queda a criterio de los usuarios, buscar mecanismos para sancionar las faltas.

CAPÍTULO V

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 23o. IMPREVISTOS: Los casos no previstos en el presente reglamento, serán resueltos por la Junta directiva y la Asamblea General de Usuarios del Sistema.

Artículo 24o. VIGENCIA: El presente reglamento entra en vigor a partir de su aprobación en Asamblea General y su vigencia durará mientras el comité de mini-riego de la Aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango se mantenga en funcionamiento.

VII. CONCLUSIONES

- 1) La Eficiencia en la distribución de agua (ED) del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, municipio de Chiantla, Huehuetenango es de 31.39, los resultados estadísticamente reflejan alta significancia, por tanto se rechaza la hipótesis nula¹, (Ho1) que literalmente dice “El sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango, funciona con una Eficiencia de distribución (ED) igual o superior al 80%.

- 2) El Coeficiente de uniformidad (Cu) del sistema es de 57.11, valor que se encuentra por debajo de lo recomendado en los sistemas de riego por aspersión (80), por lo tanto se concluye que actualmente dicho sistema no funciona adecuadamente lo cuál se atribuye a los hallazgos manifestados en el presente documento:

Existen alteraciones en el diseño original del sistema, mencionando a continuación los más significativos:

- a) En lo referente al espaciamiento entre aspersores, el diseño original manifiesta que el área de cobertura del aspersor por día debería de ser de 0.08 hectáreas, sin embargo actualmente el 100% de productores utilizan espaciamientos de 5 a 10 metros que da como resultado un área de cobertura del aspersor por día de 0.04 hectáreas,
- b) El 100% de los productores usuarios del sistema de riego han cambiado el uso de los aspersores recomendados en el diseño original (aspersores de metal U61-D), por aspersores plásticos de marcas convencionales y características diferentes en su operatividad,
- c) Existen cambios en la frecuencia de riego, el diseño original del sistema recomienda regar a cada 4 días, sin embargo los datos recabados en la boleta reflejan que actualmente el 79% de los productores riegan los cultivos con frecuencias que van de 1 a 3 días y solamente el 21% esta aplicando dicha recomendación regando con frecuencias que van de 4 a 6 días,

- d) En relación al tiempo de riego por posición del aspersor, el diseño original recomienda un tiempo de riego por posición de 6 horas, sin embargo únicamente el 49% esta aplicando dicha recomendación mientras que el 51% esta regando los cultivos en tiempos que van de 7 a 9 horas por posición,
- e) No existe un calendario de riego que ordene los turnos en el uso del sistema y se carece de asistencia técnica en estos temas para ordenar y mejorar la eficiencia en la aplicación del mismo,
- f) El área bajo estudio manifiesta pendientes irregulares que van en rangos comprendidos de 35 a 44% con promedio total de 38.87% ubicada en las faldas de la Sierra de Los Cuchumatanes, es factor afecta la uniformidad de distribución de agua de riego, por lo que se considera que el área no es apta para sistemas de riego por aspersión,
- g) La presión de operación del sistema se considera aceptable si tomamos en cuenta que el promedio de presión en las pruebas de campo es de 47.47 PSI y el requerimiento de presión en el sistema según su diseño original fue de 35 PSI,
- h) Los rangos de caudal de salida del aspersor oscilan entre de 3.96 a 5.86 gal/min con promedio de 4.89 gal/min, se puede apreciar la variación que existe en el suministro de agua en las diferentes parcelas evaluadas, esto justifica que los productores alarguen el tiempo de riego, no respeten los turnos establecidos y la frecuencia de riego, debido a que no se aplican las láminas de agua adecuadas y suficientes para suplir de humedad el suelo y desarrollo de cultivos,
- i) Los rangos en la lámina de descarga de aspersores oscila entre 0.03 a 0.94 centímetros, con promedio total del 0.37 centímetros, lo cual es catalogada como baja y refleja que actualmente los volúmenes en la distribución de agua no son los adecuados, esto justifica que los productores no respeten la frecuencia de riego y tiempo de riego por posición del aspersor,
- j) Al analizar la gráfica sobre la lámina de descarga del aspersor podemos observar que el 50% de las parcelas bajo estudio manifiestan problemas en la aplicación de agua y según el análisis en la ubicación de dichas parcelas se refiere a las que están ubicadas en la parte alta del sistema. Concluyendo que existen problemas de distribución de agua de riego en las parcelas ubicadas en

el sector alto del sistema y justifica el descontento en el funcionamiento del mismo por los productores afectados.

- 3) Los resultados de la prueba de Mann-Whitney U y Wilcoxon W rank sum test para muestras independientes, indica que hay suficiente evidencia con alta significancia para rechazar la hipótesis nula 2 ($H_0.2$), la cuál literalmente dice “la distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua (cm) del sector 1 y 2 son similares”. Esto se evidencia debido a que la media del sector 1 (5.39928 cm) tiende a ser mayor que la media del sector 2 (0.35523 cm).

- 4) Al comparar el estado físico de la infraestructura del sistema de riego actual con el diseño original, los principales hallazgos son los siguientes:
 - a) En la entrada de agua al tanque de captación, no se cuenta con un filtro que permita prevenir el ingreso de impurezas (rocas, basura, tierra y otros) al tanque, por tanto se observa la presencia de desechos que dañan el sistema y calidad de agua de riego. Además no existe una llave de paso que permita suspender la circulación de agua hacia dicho tanque, obstaculizando la limpieza del mismo. El estado físico se considera como regular,
 - b) En relación a la tubería de conducción y distribución, se observa que en algunos ramales dicha tubería está expuesta a la superficie de las parcelas, existiendo mayores riesgos por daños ocasionados por factores atmosféricos o rompimientos intencionales o accidentales y además existen adaptaciones o arreglos en la tubería que no presentan las condiciones de garantía. El estado físico se considera como regular,
 - c) En relación a las válvulas rompe presión y llaves de paso, se observa que muchas cajas de concreto tienen desperfectos y algunas están expuestas a factores atmosféricos tornándose oxidadas y sin mantenimiento, adicional a lo anterior no existe control sobre el manejo de las mismas debido a que muchos usuarios del sistema toman las decisiones de abrir o cerrarlas de acuerdo a sus conveniencias. Estado físico se recomienda como regular,

- d) Se observa que el 100% de los productores usuarios del sistema no están utilizando las bases de aspersor proporcionadas y recomendadas por el proyecto PCUCH (responsable del diseño e implementación del sistema), utilizando actualmente estacas de diferentes alturas afectando la uniformidad de distribución de agua de riego. El estado físico se recomienda como malo,
 - e) El 75% de los productores han cambiado la calidad y diámetro de las mangueras, utilizando mangueras convencionales de PVC de características no adecuadas para riego (poca flexibilidad, presencia de fugas y diámetros mayores a las recomendadas). El estado físico se recomienda como malo,
 - f) El 100% de los productores han cambiado los aspersores recomendados en el diseño con características diferentes en diámetro de boquilla y cobertura, mayor caudal de salida entre otros. El estado físico se recomienda como malo.
- 5) En relación al mantenimiento del sistema se puede concluir que actualmente no se esta dando la respectiva importancia al mismo, debido a que la misma se realiza con frecuencias que van de 6 a 12 meses, con poca participación de productores y no cuentan con un fondo de aportes mensual o trimestral, que permita tener disponibilidad monetaria al momento de existir algún problema, debido a que los aportes los realizan cuando los problemas se suscitan y el tiempo de reparación de los mismos es muy alto teniendo problemas de abastecimiento de agua por marchites.
- 6) Se manifiesta un debilitamiento organizacional por parte del Comité de Riego de la aldea Quilenco, la Junta Directiva no ejerce sus funciones adecuadamente, se carece de reglamento interno para el desarrollo del mismo, no existe voluntad de los productores organizarse y fortalecer el Comité, ausencia de reglamento de riego que oriente sobre los beneficios y obligaciones, ausencia de calendarios de riego para ordenar los turnos de riego y falta de una comisión de vigilancia que de seguimiento y evalué sobre el funcionamiento del sistema e informe sobre las anomalías existentes.

- 7) Las condiciones socioeconómicas de los productores usuarios del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla Huehuetenango, se catalogan como de extrema pobreza si consideramos que el 46% de ellos poseen entre 1 a 5 cuerdas de terreno (y de ellas el 74% de los productores riegan de 1 a 3 cuerdas), la principal fuente de ingreso es en un 100% agrícola, adicional a lo anterior se menciona el escaso acceso a los servicios de salud, educación (65% sabe leer y escribir) y el deterioro en las condiciones de las viviendas.

- 8) Falta de Organismos Gubernamentales y No Gubernamentales que brinden servicios de asistencia técnica sobre aspectos de riego, debido a que el ente responsable del diseño y operativización del sistema de riego finalizó sus acciones en diciembre del año 2000.

- 9) Se enmarca un déficit de caudal en el río Selegua no siendo así en el caudal de entrada al sistema (se mantiene con 8 litros/segundo), sin embargo, se evidencia falta de voluntad y conciencia de parte de los integrantes del Comité de riego en la protección de la fuente de agua y en el manejo de las zonas de recarga hídrica, debido a que actualmente dicha zona se encuentra completamente deforestada.

VIII. RECOMENDACIONES

- a) Establecer el reglamento que propone en el presente estudio, con la finalidad de regular el uso y mantenimiento del sistema de riego por aspersion, debido a que la problemática existente en el manejo del sistema de riego y la falta de mantenimiento se origina por carecer de normas que regulen su funcionamiento.
- b) En aspectos de manejo del sistema se recomienda considerar los siguientes aspectos:
- Cambiar los aspersores plásticos por aspersores recomendados en el diseño o en su defecto cambiar el diámetro de boquilla de aspersores a 3.5 mm, lo que permitirá más cuerdas simultáneamente,
 - Respetar los turnos, el tiempo de riego por posición de aspersores y la frecuencia de riego, de manera de optimizar la capacidad del sistema de riego,
 - Descartar el uso de mangueras de poliducto a nivel parcelario con la finalidad de evitar fugas de agua y pérdidas de presión por fricción,
 - Con la finalidad de cubrir 0.08 Ha De terreno por turno de riego recomendado en el diseño, se recomienda utilizar una distancia entre aspersores de 14.79 mt.
- c) Establecer programas de investigación básica, en temas como la determinación de láminas de riego, uso consuntivo de agua por los cultivos, análisis de calidad de agua, contenido de sólidos en suspensión, evapotranspiración, calendarios de riego por cultivo, análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo entre otros.
- d) Con la finalidad de elevar la Eficiencia de Distribución de agua y Coeficiente de Uniformidad del sistema, es recomendable proporcionar asistencia técnica a los productores usuarios del sistema de manera de mejorar el manejo actual del

sistema de riego por aspersión, tomando en cuenta como área prioritarias la problemática manifestada en el presente documento.

- e) Implementar un plan de mantenimiento y limpieza del sistema inmediato, debido a problemas manifestados en el uso del sistema, principalmente suciedad y desperfecto de válvulas rompe presión, problemas en la tubería de conducción y distribución y uso de mangueras no recomendadas.
- f) Analizar la posibilidad de un rediseño del sistema, debido a que según los resultados del estudio, existen problemas de suministro de agua en el sector 2 cuya media de lámina de descarga es de 0.35523 cm, comparada con la media de lámina de descarga del sector 1 de 5.39928 cm.
- g) Replicar este estudio en los sistemas de riego construidos por el Proyecto de Desarrollo Rural de La Sierra de Los Cuchumatanes y otras instituciones de manera de evaluar el funcionamiento actual de dichos sistemas y corregir oportunamente la problemática existente, optimizando de esta manera el recurso hídrico existente.
- h) Implementar un plan de manejo y conservación en la zona de recarga hídrica, de manera de asegurar el caudal de diseño y de esa manera asegurar el funcionamiento del sistema.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Auge R. (1976) Riegos y abonos. Editorial Paraninfo, Madrid España.
2. Ayala (1,998) Revista Data Export. Gremial de Exportadores de Productos No tradicionales –AGEXPRONT-.
3. Burt et al (1,997). Tash Comité de On-Farm Comité of the water resoruces division of the American Society of civil Engineers.
4. Brad, S. (1,984). Diccionario de economía. Colombia, ed. Plaza & Janes. 846 p.
5. Castillo J. (2,000) Revista Data Export. Gremial de Exportadores de Productos No tradicionales –AGEXPRONT-.
6. Cohen, F. (1,992). Evaluación de proyectos sociales. México, D.F., Siglo Veintiuno. 317 p.
7. Colaco A. (1,978) Evaluación del método de riego basado en patrones de aplicación.
8. Cisneros C. (1,990) Principios de riego, cuando y cuanto regar. Tomos I y II. Ministerio de agricultura Ganadería y Alimentación. PDA/AID 520-0274. Guatemala C.A.
9. Comisión de riego por aspersión. (1,986). Procedimiento para la realización de pruebas de distribución de agua producida por aspersores para fines de investigación. México.
10. Cornejo A. (1,990) La planificación de los recursos hidráulicos. Experiencia Latinoamericana.
11. Dirección General de Servicios Agrícolas. (1,994) Recopilación de documentos de proyectos de riego, Ministerio de Agricultura Ganadería y alimentación. Quetzaltenango, Guatemala.

12. Ede R. (1,964) Sistemas de riego. Zaragoza, editorial Acribia.
13. Gómez J. (1,998) Revista Data Export. Gremial de Exportadores de Productos No tradicionales –AGEXPRONT-.
14. Gómez P. (1,979) Riego a presión, aspersión y goteo. 2da. Edición. Barcelona, editorial Aedos.
15. Holdridge L. (1,959) Mapa Ecológico de Guatemala. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas.
16. Hurd C. (1,974). Guía para el riego de aspersión. Centro Regional de ayuda técnica. Agencia para el Desarrollo. Primera Ed. En español. México Buenos Aires.
17. Longo F. (1,998) Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Informe Técnico de Resultados. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala C.A.
18. Cifuentes O. (1,999) Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Informe Técnico de Resultados. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala.
19. Cifuentes O. (2,001) Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Informe Técnico de Resultados. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala.
20. Tovar G. (2,001) Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Informe Técnico de Resultados. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala C.A.
21. Carrillo R. (2,001) Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Informe Técnico de Resultados. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala C.A.

22. Jansa J. (1,969) Curso Climatología. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de transporte, turismo y comunicaciones. Madrid España.
23. Juárez (1,999) Diagnóstico sobre eficiencia de la unidad de riego La Blanca, Ocos San Marcos. Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC.
24. León J. (1,999) Evaluación del sistema de riego por aspersión Chacayá, Santiago Sacatepequez. Universidad de San Carlos de Guatemala USAC.
25. Maldonado G. (1,995) Diagnóstico de la Aldea Quilenco, Municipio de Chiantla, Departamento de Huehuetenango.
26. Romero R. (1,998) Revista Data Export. Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales –AGEXPRONT-.
27. Rolland L. (1,986). "Mecanización del riego por aspersión" Estudio F.A.O. Riego y Drenaje. Publicación N° 35. F.A.O. Italia.
28. Saint F. (1,975) El riego por aspersión. 3era, edición. Traducido por Jesús Fernández Moreno. Barcelona. Editores técnicos asociados.
29. Sandoval I. (1,989). Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
30. Solórzano P. (2,000) Revista Data Export. Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales –AGEXPRONT-.Guatemala C.A.
31. Zimmerman J. (1,975) El riego. México, campaña editora Continental.
32. Ziki Gal. (2,002) Principios de un riego eficiente. División de Sistemas de Aspersión, Naandan Irrigation Systems.

X. ANEXOS

ANEXO 1

BOLETA DE DIAGNOSTICO DE MANEJO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION DE LA ALDEA QUILINCO, CHIANTLA HUEHUETENANGO

I. DATOS GENERALES:

No. De boleta:_____ Ubicación:_____

Nombre del agricultor:_____

Area total de la finca:

1 - 5 cuerdas:_____ 6 - 10 cuerdas:_____ 11-15 cuerdas:_____

16-20 cuerdas:_____

Más de 20 cuerdas:_____

Existe energía eléctrica:_____ Agua Potable:_____ Sabe leer y
escribir:_____

posee letrina:_____ ha recibido asistencia técnica:_____ Es jefe de
hogar:_____

Cuales son sus fuentes de ingreso:

Agrícolas:_____ Comerciales:_____ Artesanales:_____ Otras:_____

II. USO Y MANEJO DEL AGUA:

a) Número de cuerdas totales a regar del miniriego:

De 1 a 3 cuerdas: ____ 4 a 6 cuerdas: ____ 7 a 9 cuerdas: ____ más de 9 cuerdas: ____

b) Como riega:

b.1) espaciamiento entre aspersores:

De 5 a 10 metros: ____ 11 a 15 metros: ____ 15 a 20 metros: ____

b.2) Quien recomendó estas actividades:

Personal _____ del _____ Pcuch: _____

____ Otros: _____

c) Tiempo de riego por posición en una cuerda:

de 1 a 3 Horas: ____ 4 a 6 Horas: ____ de 7 a 9 Horas: ____ Más de 10 horas: ____

Quien lo

recomendó: _____

d) Frecuencia de riego:

de 1 a 3 días: ____ de 4 a 6 días: ____ Más de 6 días: ____

Porque: _____

e) Es suficiente el agua aplicada a la parcela: Sí: ____ No: ____ Regular: ____

Porque: _____

f) Cambió el modelo original del aspersor recomendado: sí: ____ no: ____

porque:

características del aspersor:

De metal:_____De plástico:_____

g) Riega manualmente: Si:_____No:_____

Por falta de presión:_____Por falta de accesorios:_____Por exceso de traslapes:_____

Otros:_____

h) Cuál es el principal problema en la aplicación del agua de riego:

Falta de presión:_____Topografía del terreno:_____Descontrol en los turnos de riego:_____

Fallas en infraestructura del sistema:_____Otros:_____

III. ORGANIZACION DEL GRUPO:

a) Tipo de organización:

b) Está reconocido legalmente el grupo:

Sí:_____No:_____Donde:_____

c) Existe junta directiva:

d) Cree que esta funcionando bien la Junta directiva: Sí:_____No:_____

porque:_____

e)Frecuencia de reuniones en el grupo:

Cada Semana:_____Cada 15 días:_____cada Més:_____Cada 3 meses:_____Cada 6 meses:_____

Cada año: _____

f) Asisten todos los usuarios a las reuniones de grupo:

Todos:____más de la mitad:____menos de la mitad:____

g)Existe reglamento del miniriego en el grupo: Sí:____No:____

h) Se existe reglamento se cumple con lo establecido: Si:____No:____

Porque:_____

i) Tenencia de la tierra:

Poseedor:____arrendatario:____usufructuario:____

j)Poseen calendario de riego: Sí:____No:_____

Turnos de riego por sector:_____

Turnos de riego por cintas de color:_____

Otros:_____

IV. INFRAESTRUCTURA:

a) Le dan mantenimiento al sistema: Sí:____NO:____

Cada 15 días:_____que

tipo:_____

Cada Mes:_____que

tipo:_____

Cada 3 meses:_____que

tipo:_____

Cada 6 meses:_____que

tipo:_____

Cada año:_____ que

tipo:_____

b) Revisan mangueras, aspersores: Sí:____ No:____

Diario:____ cada semana:____ cada mes:____ cada 6 meses:____ cada año:_____

Solo cuando hay desperfectos:_____

c) Aportan cuotas para mantenimiento del sistema: Si:____ No:____

Cantidad por año/cuerda:Q. _____

d) Estado en que se encuentra la infraestructura del sistema a nivel de finca:

NOMBRE	ESTADO			OBSERVACIONES
	BUENO	REGULAR	MALO	
1. Tubería de conducción				
2. Tubería de distribución				
3. Llave de paso				
4. Basé para el aspersor				
5. Mangueras				
6. Aspersores				
7. Tanque de captación				
8. Tanque de distribución				

e) Han recibido capacitación para reparación de accesorios: Sí:____ No:____

Que

tipo:_____

ANEXO 2

Tablas sobre análisis estadístico realizado

Frequencies

Statistics			
COEFICIENT			
1	N	Valid	315
		Missing	0
	Mean		55.67
	Std. Deviation		33.43
	Skewness		.315
	Std. Error of Skewness		.137
	Kurtosis		-.359
	Std. Error of Kurtosis		.274
2	N	Valid	376
		Missing	0
	Mean		4.04
	Std. Deviation		4.96
	Skewness		10.185
	Std. Error of Skewness		.126
	Kurtosis		125.549
	Std. Error of Kurtosis		.251

COEFICIENT					
ESTRATO	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
1 Valid	2	1	.3	.3	.3
	4	5	1.6	1.6	1.9
	6	3	1.0	1.0	2.9
	8	5	1.6	1.6	4.4
	10	23	7.3	7.3	11.7
	12	2	.6	.6	12.4
	14	4	1.3	1.3	13.7
	16	3	1.0	1.0	14.6
	18	3	1.0	1.0	15.6
	20	19	6.0	6.0	21.6
	24	6	1.9	1.9	23.5
	26	1	.3	.3	23.8
	28	4	1.3	1.3	25.1
	30	15	4.8	4.8	29.8
	32	2	.6	.6	30.5
	34	7	2.2	2.2	32.7
	36	5	1.6	1.6	34.3
	39	2	.6	.6	34.9
	40	30	9.5	9.5	44.4
	44	2	.6	.6	45.1
	46	1	.3	.3	45.4
50	21	6.7	6.7	52.1	
60	22	7.0	7.0	59.0	
70	14	4.4	4.4	63.5	
72	2	.6	.6	64.1	

		74	1	.3	.3	64.4
		76	4	1.3	1.3	65.7
		80	28	8.9	8.9	74.6
		82	1	.3	.3	74.9
		84	4	1.3	1.3	76.2
		90	22	7.0	7.0	83.2
		92	3	1.0	1.0	84.1
		96	6	1.9	1.9	86.0
		98	1	.3	.3	86.3
		100	24	7.6	7.6	94.0
		104	3	1.0	1.0	94.9
		110	11	3.5	3.5	98.4
		112	2	.6	.6	99.0
		116	2	.6	.6	99.7
		200	1	.3	.3	100.0
		Total	315	100.0	100.0	
2	Valid	1	24	6.4	6.4	6.4
		2	149	39.6	39.6	46.0
		4	110	29.3	29.3	75.3
		6	58	15.4	15.4	90.7
		8	26	6.9	6.9	97.6
		10	6	1.6	1.6	99.2
		12	1	.3	.3	99.5
		60	1	.3	.3	99.7
		70	1	.3	.3	100.0
		Total	376	100.0	100.0	

Histogram Frequencies

Notes		
Output Created		26 Apr 03 08:47:39
Comments		
Input	Data	C:\Tesis\Marlon tesis\ppmdata.sav
	Filter	ppm <= 200 & ppm <= 60 & ppm <= 70 (FILTER)
	Weight	<none>
	Split File	ESTRATO
	N of Rows in Working Data File	652
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data.
Syntax		FREQUENCIES VARIABLES=ppm /STATISTICS=STDDEV MEAN SKEWNESS SESKEW KURTOSIS SEKURT /HISTOGRAM NORMAL /ORDER ANALYSIS .
Resources	Total Values Allowed	18724
	Elapsed Time	0:00:00.17

Statistics COEFICIENT			
	N	Valid	278
		Missing	0
1	Mean		54.09
	Std. Deviation		34.31
	Skewness		.195
	Std. Error of Skewness		.146

	Kurtosis	-1.432	
	Std. Error of Kurtosis	.291	
2	N	Valid	374
		Missing	0
	Mean	3.72	
	Std. Deviation	2.14	
	Skewness	.977	
	Std. Error of Skewness	.126	
	Kurtosis	.475	
	Std. Error of Kurtosis	.252	

COEFICIENT						
ESTRATO		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
1	Valid	2	1	.4	.4	.4
		4	5	1.8	1.8	2.2
		6	3	1.1	1.1	3.2
		8	5	1.8	1.8	5.0
		10	23	8.3	8.3	13.3
		12	2	.7	.7	14.0
		14	4	1.4	1.4	15.5
		16	3	1.1	1.1	16.5
		18	3	1.1	1.1	17.6
		20	19	6.8	6.8	24.5
		24	6	2.2	2.2	26.6
		26	1	.4	.4	27.0
		28	4	1.4	1.4	28.4
		30	15	5.4	5.4	33.8

		32	2	.7	.7	34.5
		34	7	2.5	2.5	37.1
		36	5	1.8	1.8	38.8
		39	2	.7	.7	39.6
		40	30	10.8	10.8	50.4
		44	2	.7	.7	51.1
		46	1	.4	.4	51.4
		50	21	7.6	7.6	59.0
		72	2	.7	.7	59.7
		74	1	.4	.4	60.1
		76	4	1.4	1.4	61.5
		80	28	10.1	10.1	71.6
		82	1	.4	.4	71.9
		84	4	1.4	1.4	73.4
		90	22	7.9	7.9	81.3
		92	3	1.1	1.1	82.4
		96	6	2.2	2.2	84.5
		98	1	.4	.4	84.9
		100	24	8.6	8.6	93.5
		104	3	1.1	1.1	94.6
		110	11	4.0	4.0	98.6
		112	2	.7	.7	99.3
		116	2	.7	.7	100.0
		Total	278	100.0	100.0	
2	Valid	1	24	6.4	6.4	6.4
		2	149	39.8	39.8	46.3
		4	110	29.4	29.4	75.7

	6	58	15.5	15.5	91.2
	8	26	7.0	7.0	98.1
	10	6	1.6	1.6	99.7
	12	1	.3	.3	100.0
	Total	374	100.0	100.0	

Histogram Frequencies

Notes		
Output Created		26 Apr 03 08:49:58
Comments		
Input	Data	C:\Tesis\Marlon tesis\ppmdata.sav
	Filter	ppm ~= 200 & ppm ~= 60 & ppm ~= 70 & ppm ~= 12 (FILTER)
	Weight	<none>
	Split File	ESTRATO
	N of Rows in Working Data File	649
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data.
Syntax		FREQUENCIES VARIABLES=ppm /STATISTICS=STDDEV MEAN SKEWNESS SESKEW KURTOSIS SEKURT /HISTOGRAM NORMAL /ORDER ANALYSIS .
Resources	Total Values Allowed	18724
	Elapsed Time	0:00:00.11

Statistics			
COEFICIENT			
ANALISIS DE SIMETRIA DE LA DISTRIBUCION DE DATOS ENTRE DATOS			
DEL			
ESTRATO 1 (de 1 a 7 parcelas) y el			
ESTRATO 2 (de 8 a 15 parcelas)			
Variable: precipitación de los aspersores			
1	N	Valid	276
		Missing	0
	Mean		54.39
	Std. Deviation		34.24
	Skewness		.185
	Std. Error of Skewness		.147
	Kurtosis		-1.432
	Std. Error of Kurtosis		.292
2	N	Valid	373
		Missing	0
	Mean		3.69
	Std. Deviation		2.10
	Skewness		.904
	Std. Error of Skewness		.126
	Kurtosis		.141
	Std. Error of Kurtosis		.252

COEFICIENT						
ESTRATO		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
1	Valid	2	1	.4	.4	.4
		4	5	1.8	1.8	2.2
		6	3	1.1	1.1	3.3
		8	5	1.8	1.8	5.1
		10	23	8.3	8.3	13.4
		14	4	1.4	1.4	14.9
		16	3	1.1	1.1	15.9
		18	3	1.1	1.1	17.0
		20	19	6.9	6.9	23.9
		24	6	2.2	2.2	26.1
		26	1	.4	.4	26.4
		28	4	1.4	1.4	27.9
		30	15	5.4	5.4	33.3
		32	2	.7	.7	34.1
		34	7	2.5	2.5	36.6
		36	5	1.8	1.8	38.4
		39	2	.7	.7	39.1
		40	30	10.9	10.9	50.0
		44	2	.7	.7	50.7
		46	1	.4	.4	51.1
50	21	7.6	7.6	58.7		
72	2	.7	.7	59.4		
74	1	.4	.4	59.8		
76	4	1.4	1.4	61.2		
80	28	10.1	10.1	71.4		

		82	1	.4	.4	71.7
		84	4	1.4	1.4	73.2
		90	22	8.0	8.0	81.2
		92	3	1.1	1.1	82.2
		96	6	2.2	2.2	84.4
		98	1	.4	.4	84.8
		100	24	8.7	8.7	93.5
		104	3	1.1	1.1	94.6
		110	11	4.0	4.0	98.6
		112	2	.7	.7	99.3
		116	2	.7	.7	100.0
		Total	276	100.0	100.0	
2	Valid	1	24	6.4	6.4	6.4
		2	149	39.9	39.9	46.4
		4	110	29.5	29.5	75.9
		6	58	15.5	15.5	91.4
		8	26	7.0	7.0	98.4
		10	6	1.6	1.6	100.0
		Total	373	100.0	100.0	

Histogram NPar Tests

Notes		
Output Created	26 Apr 03 09:09:52	
Comments		
Input	Data	C:\Tesis\Marlon tesis\ppmdata.sav
	Filter	estrato1 ~= 200 & estrato1 ~= 60 & estrato1 ~= 70 & estrato2 ~= 12 (FILTER)
	Weight	<none>

	Split File	ESTRATO
	N of Rows in Working Data File	277
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax		NPAR TEST /WILCOXON=estrato1 WITH estrato2 (PAIRED) /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS.
Resources	Number of Cases Allowed(a)	18724 cases
	Elapsed Time	0:00:00.22
a Based on availability of special working memory.		

Descriptive Statistics						
ESTRATO		N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
1	De 1 a 8	277	53.9928	34.3344	2.00	116.00
	De 9 a 15	277	3.5523	2.0470	1.00	10.00

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks					
ESTRATO		N	Mean Rank	Sum of Ranks	
1	De 9 a 15 - De 1 a 8	Negative Ranks	273(a)	137.00	37401.00
		Positive Ranks	0(b)	.00	.00
		Ties	4(c)		
		Total	277		
a De 9 a 15 < De 1 a 8					
b De 9 a 15 > De 1 a 8					
c De 1 a 8 = De 9 a 15					

Test Statistics(b)	
ESTRATO	De 9 a 15 - De 1 a 8
1	Z
	-14.324(a)
	Asymp. Sig. (2-tailed)
	.000
a Based on positive ranks.	
b Wilcoxon Signed Ranks Test	

NPar Tests

Notes		
Output Created	26 Apr 03 09:18:53	
Comments		
Input	Data	C:\Tesis\Marlon tesis\ppmdata.sav
	Filter	ppm ~= 200 & ppm ~= 60 & ppm ~= 70 & ppm ~= 12 (FILTER)
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	649
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax	NPAR TESTS /M-W= ppm BY estrato(1 2) /STATISTICS= DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS.	
Resources	Number of Cases Allowed(a)	18724 cases
	Elapsed Time	0:00:00.00
a Based on availability of special working memory.		

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
COEFICIENT	649	25.25	33.61	1	116
ESTRATO	649	1.57	.49	1	2

Mann-Whitney Test
Vara variables independientes
Prueba para conocer si existe diferencia
Entre la distribución de probabilidad en la caída de agua
Entre el sector 1 y 2

Ranks				
	ESTRATO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	1	276	506.62	139827.50
COEFICIENT	2	373	190.61	71097.50
	Total	649		

Test Statistics(a)	
	COEFICIENT
Mann-Whitney U	1346.500
Wilcoxon W	71097.500
Z	-21.436
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000**
a Grouping Variable: ESTRATO	

La prueba de Mann-Whitney U y Wilcoxon W rank sum test para muestras independientes, indica de que hay suficiente evidencia con alta significancia para rechazar la hipótesis nula de que la distribución de probabilidad de los datos de precipitación de agua del sector 1 y 2 no son similares. Esto es, que la media del sector de 53.99 mm, tiende a ser

mayor que la del sector 2 que es de 3.55 mm.

Nota: se empleo este analisis debido a que la distribución de datos de ambos sectores no se aproximan a una curva normal, aun cuando exista cierta simetría.

Regression

Notes		
Output Created		24 Apr 03 01:01:22
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	<pre> REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER pend psi q cu lc /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) . </pre>	
Resources	Memory Required	2228 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	2432 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.22

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	LC, Q, PEND, CU, PSI(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.881(a)	.777	.653	5.8759	.777	6.270	5	9	.009
a Predictors: (Constant), LC, Q, PEND, CU, PSI									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1082.440	5	216.488	6.270	.009(a)
	Residual	310.741	9	34.527		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), LC, Q, PEND, CU, PSI						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
Model		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-29.248	27.138		-1.078	.309
	PEND	-.247	.541	-.075	-.457	.658
	PSI	.162	.265	.230	.613	.555
	Q	8.429	5.090	.447	1.656	.132
	CU	.506	.295	.493	1.717	.120
	LC	-19.212	9.951	-.716	-1.931	.086

a Dependent Variable: ED

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.9339	42.5942	31.8873	8.7930	15
Residual	-9.2982	7.9011	1.895E-15	4.7112	15
Std. Predicted Value	-1.701	1.218	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.582	1.345	.000	.802	15

a Dependent Variable: ED

Charts Regression

Notes		
Output Created	24 Apr 03 01:02:53	
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>

	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER psi q cu lc /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1912 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.11

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	LC, Q, CU, PSI(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.879(a)	.772	.680	5.6388	.772	8.454	4	10	.003
a Predictors: (Constant), LC, Q, CU, PSI									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1075.223	4	268.806	8.454	.003(a)
	Residual	317.957	10	31.796		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), LC, Q, CU, PSI						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-39.534	14.560		-2.715	.022
	PSI	.188	.249	.265	.755	.468
	Q	8.266	4.872	.438	1.696	.121
	CU	.514	.283	.501	1.821	.099
	LC	-19.719	9.490	-.735	-2.078	.064
a Dependent Variable: ED						

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.7731	43.8042	31.8873	8.7637	15
Residual	-8.3596	7.8501	7.105E-16	4.7656	15
Std. Predicted Value	-1.725	1.360	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.483	1.392	.000	.845	15

a Dependent Variable: ED

Charts Regression

Notes		
Output Created		24 Apr 03 01:03:57
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER q cu lc pend /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .	

Resources	Memory Required	1924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1912 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.11

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PEND, CU, LC, Q(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.876(a)	.768	.675	5.6896	.768	8.259	4	10	.003
a Predictors: (Constant), PEND, CU, LC, Q									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1069.466	4	267.366	8.259	.003(a)
	Residual	323.715	10	32.371		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), PEND, CU, LC, Q						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
Model		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-23.905	24.885		-.961	.359
	Q	10.462	3.739	.555	2.798	.019
	CU	.386	.213	.376	1.812	.100
	LC	-13.783	4.394	-.514	-3.137	.011
	PEND	-.317	.512	-.096	-.618	.550

a Dependent Variable: ED

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.7092	43.1970	31.8873	8.7402	15
Residual	-8.4872	6.8130	2.132E-15	4.8086	15
Std. Predicted Value	-1.737	1.294	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.492	1.197	.000	.845	15

a Dependent Variable: ED

**Charts
Regression**

Notes		
Output Created	24 Apr 03 01:05:01	
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>

	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER q cu lc /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1652 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1448 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.11

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	LC, Q, CU(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.871(a)	.759	.693	5.5275	.759	11.533	3	11	.001
a Predictors: (Constant), LC, Q, CU									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1057.094	3	352.365	11.533	.001(a)
	Residual	336.087	11	30.553		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), LC, Q, CU						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-36.563	13.741		-2.661	.022
	Q	10.668	3.618	.565	2.949	.013
	CU	.372	.206	.362	1.806	.098
	LC	-13.329	4.208	-.497	-3.167	.009
a Dependent Variable: ED						

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.4469	43.4926	31.8873	8.6895	15
Residual	-9.0920	6.5174	-4.5001E-15	4.8996	15
Std. Predicted Value	-1.777	1.336	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.645	1.179	.000	.886	15
a Dependent Variable: ED					

Charts Regression

Notes		
Output Created	24 Apr 03 01:05:32	
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER q lc pend /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID)	

		/CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1652 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1448 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.22

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PEND, Q, LC(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.831(a)	.691	.607	6.2520	.691	8.214	3	11	.004
a Predictors: (Constant), PEND, Q, LC									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	963.221	3	321.074	8.214	.004(a)
	Residual	429.960	11	39.087		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), PEND, Q, LC						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-27.519	27.257		-1.010	.334
	Q	14.719	3.195	.780	4.607	.001
	LC	-11.308	4.588	-.421	-2.464	.031
	PEND	-.215	.559	-.065	-.385	.708
a Dependent Variable: ED						

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.2423	43.9373	31.8873	8.2947	15
Residual	-9.8408	8.2299	1.658E-15	5.5418	15
Std. Predicted Value	-1.886	1.453	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.574	1.316	.000	.886	15
a Dependent Variable: ED					

**Charts
Regression**

Notes		
Output Created		24 Apr 03 01:05:58
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER q lc /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1412 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1024 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.05

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	LC, Q(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.829(a)	.687	.635	6.0260	.687	13.183	2	12	.001
a Predictors: (Constant), LC, Q									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	957.432	2	478.716	13.183	.001(a)
	Residual	435.749	12	36.312		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), LC, Q						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-36.137	14.978		-2.413	.033
	Q	14.752	3.079	.782	4.792	.000
	LC	-11.058	4.378	-.412	-2.526	.027

a Dependent Variable: ED

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.0738	44.1218	31.8873	8.2697	15
Residual	-9.9218	7.8256	-2.3685E-15	5.5790	15
Std. Predicted Value	-1.912	1.479	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.646	1.299	.000	.926	15

a Dependent Variable: ED

Charts Regression

Notes		
Output Created	24 Apr 03 01:06:45	
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16

Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER q lc psi /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1652 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1448 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.06

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PSI, Q, LC(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.834(a)	.696	.613	6.2038	.696	8.400	3	11	.003
a Predictors: (Constant), PSI, Q, LC									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	969.826	3	323.275	8.400	.003(a)
	Residual	423.355	11	38.487		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), PSI, Q, LC						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-34.412	15.717		-2.190	.051
	Q	15.263	3.295	.809	4.632	.001
	LC	-7.669	7.482	-.286	-1.025	.327
	PSI	-.115	.203	-.163	-.567	.582
a Dependent Variable: ED						

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	15.9616	44.7918	31.8873	8.3231	15
Residual	-8.6553	8.2062	-1.8948E-15	5.4991	15
Std. Predicted Value	-1.913	1.550	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.395	1.323	.000	.886	15
a Dependent Variable: ED					

Charts Regression

Notes		
Output Created	24 Apr 03 01:07:29	
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT ed /METHOD=ENTER q lc cu /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS NORM(ZRESID)	

		/CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1652 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1448 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.11

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	CU, LC, Q(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: ED			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.871(a)	.759	.693	5.5275	.759	11.533	3	11	.001
a Predictors: (Constant), CU, LC, Q									
b Dependent Variable: ED									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1057.094	3	352.365	11.533	.001(a)
	Residual	336.087	11	30.553		
	Total	1393.180	14			
a Predictors: (Constant), CU, LC, Q						
b Dependent Variable: ED						

Coefficients(a)						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
Model		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-36.563	13.741		-2.661	.022
	Q	10.668	3.618	.565	2.949	.013
	LC	-13.329	4.208	-.497	-3.167	.009
	CU	.372	.206	.362	1.806	.098
a Dependent Variable: ED						

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16.4469	43.4926	31.8873	8.6895	15
Residual	-9.0920	6.5174	2.842E-15	4.8996	15
Std. Predicted Value	-1.777	1.336	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.645	1.179	.000	.886	15
a Dependent Variable: ED					

**Charts
T-Test**

Notes		
Output Created		24 Apr 03 01:27:23
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST /TESTVAL=80 /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=ed /CRITERIA=CIN (.95) .	
Resources	Elapsed Time	0:00:00.05

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ED	15	31.8873	9.9756	2.5757

One-Sample Test						
Test Value = 80						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ED	18.680	14	.000	-48.1127	-53.6370	-42.5884

Descriptives

Notes		
Output Created	24 Apr 03 01:54:08	
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	All non-missing data are used.
Syntax	DESCRIPTIVES VARIABLES=pend psi q cu lc ed /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX KURTOSIS SKEWNESS .	
Resources	Elapsed Time	0:00:00.00

Descriptive Statistics									
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
PEND	15	33	44	38.87	3.02	-.140	.580	-.325	1.121
PSI	15	25.00	72.00	47.4667	14.1111	.391	.580	-.654	1.121
Q	15	3.96	5.86	4.8873	.5288	-.026	.580	-.347	1.121
CU	15	42.14	76.71	57.1087	9.7132	.723	.580	.366	1.121
LC	15	.03329	.94670	.3683013	.3718424	.462	.580	-1.645	1.121
ED	15	18.69	50.01	31.8873	9.9756	.267	.580	-1.234	1.121
Valid N (listwise)	15								

Graph

Notes		
Output Created		24 Apr 03 02:01:02
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Syntax		GRAPH /HISTOGRAM(NORMAL)=cu .
Resources	Elapsed Time	0:00:00.00

Regression

Notes		
Output Created		24 Apr 03 02:03:45
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		<pre> REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA COLLIN TOL CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT cu /METHOD=ENTER lc pend psi q /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS HIST(ZRESID) NORM(ZRESID) ID(caso) /CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) . </pre>
Resources	Memory Required	1948 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	2256 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.11

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Q, PEND, LC, PSI(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: CU			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.836(a)	.700	.579	6.2997	.700	5.821	4	10	.011
a Predictors: (Constant), Q, PEND, LC, PSI									
b Dependent Variable: CU									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	923.981	4	230.995	5.821	.011(a)
	Residual	396.862	10	39.686		
	Total	1320.842	14			
a Predictors: (Constant), Q, PEND, LC, PSI						
b Dependent Variable: CU						

Coefficients(a)								
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
Model		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	14.468	28.733		.504	.625		
	LC	23.565	7.634	.902	3.087	.012	.352	2.843
	PEND	-.109	.579	-.034	-.189	.854	.927	1.078
	PSI	-.598	.212	-.869	2.823	.018	.317	3.152
	Q	13.626	3.348	.742	4.069	.002	.904	1.106

a Dependent Variable: CU

Collinearity Diagnostics(a)									
		Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions					
Model	Dimension			(Constant)	LC	PEND	PSI	Q	
1	1	4.558	1.000	.00	.01	.00	.00	.00	
	2	.410	3.334	.00	.32	.00	.00	.00	
	3	2.251E-02	14.230	.01	.60	.04	.78	.00	
	4	7.770E-03	24.220	.01	.04	.15	.14	.88	
	5	2.091E-03	46.683	.98	.03	.82	.08	.12	

a Dependent Variable: CU

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	47.2825	76.7014	57.1087	8.1240	15
Residual	-10.3883	12.3204	-3.3159E-15	5.3242	15
Std. Predicted Value	-1.210	2.412	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.649	1.956	.000	.845	15
a Dependent Variable: CU					

Charts Regression

Notes		
Output Created		24 Apr 03 02:05:49
Comments		
Input	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	16
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA COLLIN TOL CHANGE /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT cu /METHOD=ENTER lc psi q /PARTIALPLOT ALL /RESIDUALS HIST(ZRESID) NORM(ZRESID) ID(caso)	

		/CASEWISE PLOT(ZRESID) OUTLIERS(3) .
Resources	Memory Required	1676 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	1792 bytes
	Elapsed Time	0:00:00.05

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Q, LC, PSI(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: CU			

Model Summary(b)									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.836(a)	.698	.616	6.0172	.698	8.493	3	11	.003
a Predictors: (Constant), Q, LC, PSI									
b Dependent Variable: CU									

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	922.566	3	307.522	8.493	.003(a)
	Residual	398.276	11	36.207		
	Total	1320.842	14			
a Predictors: (Constant), Q, LC, PSI						
b Dependent Variable: CU						

Coefficients(a)								
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
Model		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	9.956	15.244		.653	.527		
	LC	23.424	7.257	.897	3.228	.008	.355	2.816
	PSI	-.589	.197	-.856	-2.989	.012	.335	2.989
	Q	13.602	3.196	.741	4.256	.001	.906	1.104
a Dependent Variable: CU								

Collinearity Diagnostics(a)							
Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions			
				(Constant)	LC	PSI	Q
1	1	3.611	1.000	.00	.01	.00	.00
	2	.365	3.144	.00	.34	.00	.00
	3	1.861E-02	13.928	.07	.65	.99	.05
	4	5.356E-03	25.965	.93	.00	.00	.95

a Dependent Variable: CU

Residuals Statistics(a)					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	47.4908	76.5067	57.1087	8.1177	15
Residual	-10.3948	12.0851	-3.3159E-15	5.3337	15
Std. Predicted Value	-1.185	2.390	.000	1.000	15
Std. Residual	-1.728	2.008	.000	.886	15

a Dependent Variable: CU

Charts