

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión**

**María Belén Villacís Stacey**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniera Civil.

Quito, Abril de 2012

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio Politécnico**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión**

**María Belén Villacís Stacey**

Miguel Araque,  
Director de la Tesis

-----

Fernando Romo,  
Miembro del Comité de Tesis

-----

Santiago Gangotena,  
Decano del Colegio Politécnico

-----

Quito, Abril de 2012

©Derechos de autor: Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.”  
(Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

El presente trabajo está dedicado a las comunidades que trabajan en la producción agrícola como un medio para subsistir, la misma que a su vez es un motor en la economía nacional y de la cual depende todo un mercado.

Mi más sincero y grato agradecimiento a todas las personas que han hecho posible el que pueda culminar este camino después de atravesar por tantos obstáculos. No lo habría logrado sin la ayuda de mis padres, María Augusta y Fabián, quienes han sido mi motivación en los momentos más difíciles y por supuesto a mi hermano Felipe en quien siempre puedo encontrar a un gran amigo. Un especial agradecimiento a la Universidad San Francisco de Quito y a su personal docente, quienes me inspiraron a ser una mejor persona y profesional, capaz de alcanzar cualquier meta por más difícil que parezca.

## RESUMEN

El riego ha existido por miles de años en las diferentes civilizaciones para poder mantener o incrementar la producción agrícola y asegurar su alimentación durante tiempos de sequías. Este proceso se ha ido desarrollando a través del tiempo, obteniendo grandes avances hidrológicos para optimizar la distribución de agua en los cultivos. En la actualidad se dispone de dispositivos cada vez más modernos y tecnológicos para implementar en este sistema de riego, el cual puede ser automatizado para riegos nocturnos e inclusive monitoreado por dispositivos electrónicos como la telefonía móvil.

El presente trabajo trata sobre la implementación de un sistema de riego por aspersión, método que se adapta a una gran variedad de suelos y se caracteriza por utilizar dispositivos emisores de agua o aspersores, los cuales distribuyen el agua en forma de lluvia sobre el suelo agrícola. De esta manera este sistema ayuda al suelo a que no pierda su fertilidad por lixiviación y es una buena manera para disminuir las pérdidas del agua de riego por evaporación o arrastre del viento si se toman las medidas necesarias para ello.

En un enfoque ambiental todo proyecto tiene un impacto, que puede ser positivo o negativo, razón por la cual se debe hacer un estudio detallado sobre el tema para que en este caso en particular se mitigue cualquier impacto que pueda producir daños sobre el suelo, en los cultivos o en las comunidades de la zona donde esté ubicado el proyecto civil, las mismas que dependen económicamente de la productividad agrícola.

## **ABSTRACT**

Irrigation has existed for thousands of years in different civilizations to maintain or increase agricultural production and ensure supplies during times of drought. This process has developed over time, achieving hydrological developments to optimize the distribution of water in crops. Today devices are available in a modern and increasingly technology to implement this irrigation system, which can be automated during nights and even be monitored by electronic devices such as mobile phones.

This paper is about the implementation of a sprinkler system, a method that suits a wide range of soils and is characterized by using water dispensers or sprinklers, which distribute water as rain on agricultural land. Therefore, this system helps the soil don't loses its fertility by leaching and is a good way to reduce irrigation water losses by evaporation or wind drift if takes the necessary measures to do it.

In an environmental approach every project has an impact, either positive or negative, this is a reason to do a detailed study on the subject so that in this particular case is likely to mitigate any impact that could damage the soil, crops or communities in the area where the civil project is located, which are economically dependent on agricultural productivity.

## **TABLA DE CONTENIDO**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Historia del Riego.....	1
1.2. Recursos Agrícolas a Nivel Mundial.....	4
1.3. Suelos Agrícolas.....	5
1.4. Definición del Suelo.....	6
1.5. Desarrollo del Suelo.....	6
1.6. Textura.....	7
1.7. Estructura.....	8
1.8. Relación Entre el Agua y el Suelo.....	10
1.8.1. Fuerzas de Retención del Agua.....	11
1.8.2. Clasificación de Humedad en el Suelo.....	11
CAPÍTULO II: RIEGO POR ASPERSIÓN.....	14
2.1. Introducción.....	14
2.2. Definición.....	15
2.3. Riego Dentro de la Zona Urbana.....	16
2.4. Evolución del Sistema de Riego.....	16
2.5. Aplicación del Agua en los Sistemas de Riego por Aspersión.....	16
2.6. Recomendaciones Para el Riego por Aspersión.....	17
2.7. Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión.....	18
2.8. Elementos Principales del Sistema de Riego.....	19
2.8.1. Aspersores Rotativos de Impacto.....	21
2.8.2. Difusores.....	23
2.8.3. Aspersores Rotativos de Turbina.....	24

2.8.4. Tuberías .....	25
2.9. Adaptación del Sistema de Riego.....	25
2.10. Tasa de Aplicación o Pluviómetría Horaria .....	26
2.11. Gotas de Agua Durante el Riego.....	27
2.12. Ventajas y Desventajas del Riego por Aspersión. ....	28
2.12.1. Ventajas. ....	28
2.12.2. Desventajas. ....	29
2.13. El Suelo y el Agua en un Cultivo.....	30
2.13.1. Cálculo de la Capacidad de Campo y Porcentaje de Marchitamiento de un Cultivo. ....	30
2.14. Requisitos del Riego.....	31
2.14.1. Profundidad de las Raíces. ....	31
2.14.2. Evapotranspiración.....	32
2.14.2.1.Cálculo de la Evapotranspiración. ....	33
2.14.2.1.1.Método de Blanney y Criddle. ....	33
2.15. Balance Hídrico.....	37
2.16. Criterios Técnicos y Protocolo de Actuación.....	38
2.16.1.Durante la Fase de Diseño.....	38
2.16.2.Fase de Instalación del Sistema de Riego. ....	39
2.16.3.Mantenimiento de la Instalación.....	39
CAPÍTULO III: IMPACTO AMBIENTAL EN EL RIEGO POR ASPERSIÓN.....	43
3.1. Introducción. ....	43
3.2. Impacto Ambiental. ....	44
3.3. Antecedentes del Proyecto de Riego. ....	45
3.4. Impacto Ambiental en el Sistema de Riego por Aspersión. ....	46
3.4.1. Impactos Positivos. ....	46

3.4.2. Impactos Negativos.....	46
3.5. Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA).....	47
3.6. Características de las Evaluaciones del Impacto Ambiental.....	48
3.6.1. Necesidad de una Evaluación. ....	48
3.6.2. Manifestación de los Impactos Ambientales. ....	48
3.6.3. Principales Mecanismos de la EIA. ....	49
3.7. Marco Legal. ....	49
3.8. Calificación del Impacto Ambiental. ....	52
3.8.1. Lista de Chequeo. ....	53
3.8.2. Matriz de Leopold.....	53
3.9. Medidas de Mitigación. ....	56
CAPÍTULO IV: DATOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	58
4.1. Datos Generales de la Zona del Proyecto. ....	58
4.1.1. Introducción.....	58
4.2. Ubicación Geográfica del Proyecto.....	59
4.3. Población y Situación Socio-Económica. ....	59
4.4. Producción Agrícola Actual. ....	60
4.5. Información de Campo del Proyecto. ....	61
4.5.1. Características Topográficas del Sector. ....	61
4.5.2. Características Físicas de los Suelos. ....	61
4.5.3. Características de los Tipos de los Cultivos. ....	62
4.5.3.1. Hortalizas. ....	62
4.5.3.2. Legumbres.....	65
4.5.3.3. Maíz. ....	65
4.6. Diseño del Sistema de Riego en el Terreno. ....	66
4.6.1. Implantación del Área del Proyecto. ....	66

4.6.2.Sistema de Distribución de Agua a Cada Una de las Parcelas. ....	66
4.6.3.Sistema de Riego Por Aspersión Considerando los Turnos de Riego. ....	67
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
5.1. CONCLUSIONES.....	68
5.2. RECOMENDACIONES. ....	69
BIBLIOGRAFÍA .....	70
ANEXOS 1: DETALLES DEL SISTEMA.....	73
ANEXO 2: IMPLANTACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO .....	94
ANEXO 3: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A CADA UNA DE LAS PARCELAS.....	95
ANEXOS 4: SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CONSIDERANDO LOS TURNOS DE RIEGO .....	96
ANEXOS 5: EJEMPLARIZACIÓN DEL CÁLCULO DE LOS CAUDALES Y PRESIONES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN CADA UNO DE LOS ASPERSORES .....	97

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Distribución homogénea de aspersores.....	15
<b>Figura 2.2.a.</b> Aspersor de impacto.....	22
<b>Figura 2.2.b.</b> Modelo de distribución de agua de un aspersor de impacto.....	22
<b>Figura 2.3:</b> Difusores.....	23
<b>Figura 2.4.</b> Superposiciones de las áreas mojadas de los aspersores de un sistema estacionario.....	24
<b>Figura 2.5.</b> Aspersor de turbina.....	24
<b>Figura 2.6.</b> Disposición de los aspersores en sistemas estacionarios.....	26

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Limitación de la agricultura en el mundo por el factor suelo.....	5
<b>Tabla 1.2.</b> Textura y diámetro de las partículas.....	8
<b>Tabla 1.3.</b> Características de la estructuras de un suelo.....	9
<b>Tabla 1.4.</b> Relación de la estructura con la velocidad de infiltración.....	10
<b>Tabla 2.1:</b> Propiedades físicas del suelo. (CC y PMP).....	31
<b>Tabla 2.2:</b> Profundidad efectiva del sistema radical de algunos cultivos (m).....	32
<b>Tabla 2.3:</b> Coeficiente estacional de uso consuntivo para definir el cultivo.....	35
<b>Tabla 2.4.</b> Temperatura media por meses.....	36
<b>Tabla 2.5:</b> Porcentaje de horas diarias de sol.....	36
<b>Tabla 2.6:</b> Cálculo de evapotranspiración (UC) por el primer Método Blaney y Criddle.....	37
<b>Tabla 2.7.</b> Periodicidad de las revisiones.....	40
<b>Tabla 2.8:</b> Parámetros de control de calidad de agua.....	41
<b>Tabla 3.1.</b> Lista de Chequeo para Evaluar la sensibilidad del Proyecto.....	53
<b>Tabla 3.2.</b> Matriz de Leopold para el proyecto de La Hacienda Guadalupe.....	55
<b>Tabla 4.1.</b> Características del suelo de la Hacienda Guadalupe.....	62

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. HISTORIA DEL RIEGO.

El riego agrícola se remonta a tiempos antiguos, debido a que es una práctica utilizada por el hombre para poder producir sus alimentos y por ende su supervivencia. Con la Edad de Bronce, iniciada alrededor de 3500 años a.C., está comprobado que una de las primeras grandes obras para el riego se desarrollaron en Grecia, Mesopotamia y Egipto.

Inspirados en la naturaleza y gracias a haber hecho una observación analítica de su comportamiento cuando se inundaban las zonas planas, pudieron dominar el uso del agua descubriendo algunos métodos para la producción de alimentos. Como consecuencia, el ser humano pudo establecerse en un lugar para vivir, por lo menos durante el tiempo necesario que demora el desarrollo completo de un cultivo, lo que quiere decir desde el momento de la siembra hasta la cosecha, asegurando su alimento. Al dejar la vida nómada que el ser humano había mantenido hasta ese entonces, se facilitó la división de las actividades de los individuos en las comunidades, dando origen a lo que actualmente conocemos como sociedades. Los descubrimientos arqueológicos indican que esto ocurrió alrededor de 5000 años a.C. en un territorio ocupado por los actuales países de Egipto, Irán, China, Turquía, España, Inglaterra, Perú, México y el Sur de los Estados Unidos. Un efecto muy diferente se dio en las zonas donde había lluvias abundantes, bien distribuidas y naturalmente favorables, puesto que en estos lugares las comunidades pudieron cultivar sus alimentos sin la necesidad de preocuparse por el riego.<sup>1</sup>

A lo largo de la historia las civilizaciones han estado fuertemente ligadas al desarrollo de la agricultura por medio del riego, para proveer agrícolamente a una sociedad y asegurar su alimentación. Del mismo modo, la justicia y ecuanimidad para la distribución de los recursos acuíferos para el riego entre los regantes, fue el comienzo del desarrollo de las primeras normas de convivencia entre los miembros de una misma comunidad. Esto se puede atestiguar con los Códigos de Hammurabí o el Código Romano, los cuales son

---

<sup>1</sup> Cánovas C.J. *Calidad de las Aguas de Riego*. Madrid. España.

considerados hasta hoy en día como la base de las leyes que rigen, entre otras cosas, el uso del agua para el riego a nivel mundial.<sup>2</sup>

A partir del siglo XIX los proyectos de riego a gran escala en países como India, China, y Egipto, incrementaron seis veces el área de riego; las mejoras que se dieron en la rama de la Ingeniería Hidráulica ayudaron a la planificación, diseño y construcción de varios sistemas de riego. En el siglo XX, a partir de la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo de la tecnología fue muy notorio y por lo tanto el riego también tuvo sus mejoras. A partir de este periodo se construyeron estructuras hidráulicas, como embalses de acumulación y canales principales de conducción, pero en la mayoría de estos proyectos no se consideró de forma adecuada el manejo del agua a nivel de los usuarios al interior de los predios agrícolas, ni tampoco la relación entre el suelo, la plantación, el agua y el clima, factores importantes para determinar el diseño y las normas de operación óptimas en un proyecto hidráulico.<sup>3</sup>

A partir de las últimas décadas, es cuando recién se ha considerado al riego en un enfoque científico y técnico, que permite utilizar el recurso agua con mayor eficiencia, minimizando efectos adversos como la erosión, el drenaje deficiente y la salinización de los suelos.<sup>4</sup>

Es de conocimiento general que los cultivos requieren de agua para su desarrollo, la cual es enviada en forma natural por medio de precipitaciones o lluvias, sin embargo cuando estas escasean o cuando los períodos de máxima demanda de las plantas no coinciden con las épocas de invierno, es necesario aportarla en forma artificial por medio de riego. Es por esto que se han desarrollado muchos sistemas de riego que usan diferentes técnicas para satisfacer las necesidades de los cultivos y de las poblaciones que dependen de ellos, uno de estos sistemas es el de riego por aspersión.

Las actividades agrícolas son las que proveen de alimentos a una población y por lo tanto

---

<sup>2</sup> *Esquivel, 2010*

<sup>3</sup> *Libro Técnico de F.A.O. Departamento de Tierras y Aguas. Roma.*

<sup>4</sup> *Cedru. Métodos avanzados de Riego. México.*

la supervivencia de la misma, es por esta razón que todas sus áreas de estudio e investigación deben fortalecerse, teniendo como objetivo alcanzar una mayor producción usando un mínimo de recursos económicos. Todos estos procesos deben tener una estrecha relación con el uso, manejo y conservación del agua, considerando este preciado bien dentro de las políticas medioambientales. Dadas estas razones, el tema agua es una de las áreas dentro de la agricultura que requiere de mayores estudios, avances tecnológicos y de la aplicación de los mismos sin dañar los ecosistemas ni deteriorar el medio ambiente, equilibrando estas dos necesidades especialmente en los países en vías de desarrollo, donde la agricultura y el entorno natural son con frecuencia los principales "motores de crecimiento" potenciales y constituyen la clave para mitigar la pobreza y el hambre.<sup>5</sup>

El riego es considerado una ciencia milenaria, el cual constituyó una actividad de suma importancia en muchas civilizaciones de la antigüedad que tenían técnica de riego aplicadas a su agricultura. En Ecuador, un claro ejemplo de sistemas de riego antiguos es el de los incas, quienes mantuvieron un equilibrio entre su sociedad y la naturaleza. Para poder cultivar construyeron andenes de cultivo, escaleras cavadas, en las laderas de las montañas, con un complejo sistema de canales de riego. Esto aun se puede presenciar en la región de los Andes Centrales del Perú, en el Altiplano boliviano y en todo el noroeste argentino.<sup>6</sup>

En la década de los sesenta se dieron grandes cambios en la economía ecuatoriana debido a una crisis temporal en la producción bananera, una disminución en los precios del café y los conflictos políticos entre los grupos que representaban los intereses de las clases dominantes de las regiones sierra y la costa. Estos factores fueron determinantes en la elaboración de un proyecto político dirigido hacia la diversificación de la economía, industrialización y la transformación de los rezagos feudales de producción hacia una modernización del sector agrícola.<sup>7</sup>

La Reforma Agraria planteada en el año de 1964 fue visiblemente el eje que reunió las fuerzas suficientes para una modernidad en este plano. Aunque el impacto sobre la

---

<sup>5</sup> *Libro Técnico de F.A.O. Departamento de Tierras y Aguas. Roma.*

<sup>6</sup> *Clasa, G. (1994). Civilizaciones Americanas y el Reencuentro de 2 Mundos. Cultura Librera Americana.*

distribución de la tierra fue limitado, la reforma significó el punto sin retorno para las formas feudales de producción como el huasipungo y el comienzo de todos los cambios estructurales en el uso de la tierra, el balance de los cultivos y la aplicación de tecnologías para la modernización del campo.<sup>8</sup>

A nivel mundial se fue desarrollando el riego como ciencia evolutiva, las mejoras y las técnicas han progresado, teniendo como prioridades el ahorro de agua y de energía eléctrica. Se han introducido técnicas de fertilización con aplicación de químicos a través del riego, también conocido como fertirrigación y quemigación. La implementación de estas técnicas ha ocasionado un incremento en la productividad en los cultivos haciendo eficiente el uso de los recursos y mejoras en la calidad de vida de las comunidades.<sup>9</sup>

## **1.2. RECURSOS AGRÍCOLAS A NIVEL MUNDIAL.**

Se estima que a nivel mundial la demanda de agua para el uso agrícola se incrementará entre el 15% y el 20% en los próximos 25 años, para poder mantener la seguridad alimentaria y reducir el hambre y la pobreza de una población mundial en constante aumento.<sup>10</sup>

De igual manera los estudios ambientales indican que el uso de agua deberá ser reducido por lo menos en un 10% durante el mismo período de 25 años para poder proteger los ríos, lagos y fuentes acuíferas de los cuales dependen millones de personas a nivel mundial para su subsistencia y con el fin de satisfacer las crecientes demandas de las ciudades e industrias. Para que las comunidades de todo el mundo tomen conciencia se están creando planes de gestión de los recursos hídricos. Se debe tomar en cuenta que de acuerdo con los estudios científicos disponibles, el 96.5% del agua en el planeta es salada, localizada principalmente en los océanos y mares; el 3% restante es dulce. De esta última, el 1% se encuentra en estado líquido; el 2% restante en estado sólido en capas, campos y plataformas de hielo o banquisas (formadas por la congelación del agua de mar) en las

---

<sup>7</sup> *SUSUDEL (2008).*

<sup>8</sup> *Viteri Diaz, G. (n.d.).*

<sup>9</sup> *Ormazábal Araya, A. (n.d.).*

<sup>10</sup> *La Comisión Económica para América Latina (CEPAL)*

latitudes próximas a los polos. Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente en lagos, humedales (pantanos), ríos y en acuíferos<sup>11</sup>

Estudios de la FAO (1974), han establecido que las limitaciones de la agricultura por las condiciones del suelo a nivel mundial son:

**Tabla 1.1.** Limitación de la agricultura en el mundo por el factor suelo.

Situación (limitación)	Superficie en el mundo [%]
Demasiado seco	28
Problemas químicos	23
Suelos poco profundos	22
Demasiado húmedo	10
Permanentemente congelado	6
Ninguna limitación	11

**Fuente:** FAO.

### 1.3. SUELOS AGRÍCOLAS.

Los suelos agrícolas se encuentran dentro del estudio de varias ramas de la ciencia que se relacionan entre sí. Una de las ciencias que agrupa a todas estas ramas se le ha denominado: Edafología.<sup>12</sup>

La edafología es la ciencia que estudia las propiedades del suelo que se relacionan directamente con la productividad agrícola, determina las causas y efectos de variación de la productividad agrícola e investiga los medios para preservar y aumentar esta productividad.<sup>12</sup>

El origen del vocablo edafología es el siguiente: *Edafología Edafós suelo tratado logos.*

<sup>11</sup> *Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía de México. 1974*

<sup>12</sup> *Cisneros Almazán, R. (n.d.). Apuntes de Riego y Drenaje.*

También existe otro término que se relaciona con la edafología aunque no se lo usa frecuentemente, el de la pedología, cuyo origen es *pedós* (piso). De tal forma que podemos interpretar a la edafología o pedología como la ciencia del suelo agrícola en general, el cual es el hábitat de las plantas donde se desarrolla la productividad agrícola para el beneficio del hombre.<sup>12</sup>

#### **1.4. DEFINICIÓN DE SUELO.**

Los suelos están formados por los siguientes factores que interactúan entre sí: material parental, clima, topografía, organismos vivos y tiempo. Además constan de cuatro elementos: materia mineral (45%), materia orgánica (5%), agua (25%) y aire (25%), el porcentaje está dado para cuantificar su aproximada composición volumétrica. Los elementos minerales, también denominados como inorgánicos, están formados por fracciones de roca y de minerales; se clasifican en grava, arena, limo y arcilla. Los elementos orgánicos del suelo se forman a partir de la acumulación de residuos de plantas y animales.

#### **1.5. DESARROLLO DEL SUELO.**

La formación del suelo depende de la interrelación de los cinco factores edafogénicos siguientes:

Material parental: Los minerales del suelo se forman a partir de la roca madre. El influencia que pueden tener las rocas en los elementos que forman los suelos y en sus propiedades son muy evidentes en suelos jóvenes, la cual va siendo cada vez menos evidente con el pasar del tiempo. Por lo tanto de acuerdo con el material original donde se desarrolla el suelo, éste puede adquirir sus características de rapidez en su desarrollo, textura y nivel de fertilidad. Por ejemplo, las rocas ígneas, las cuarzosas y las areniscas producen suelos ligeros, las rocas básicas y sedimentarias de grano fino producen suelos arcillosos y las calizas pueden dar origen a suelos de diferentes texturas.<sup>12</sup>

Clima: La lluvia, la temperatura y el viento son tres componentes climáticos que afectan en la formación del suelo principalmente en relación al contenido de materia orgánica, reacción del suelo, lixiviación y contenido de arcilla.<sup>12</sup>

Topografía: Este factor depende, entre varios factores, de la pendiente que tenga el terreno, la cual determinará las dimensiones de la lámina de agua retenida o captada el suelo y su tendencia a la erosión.<sup>12</sup>

Seres vivos: Constituyen las fuente de materia orgánica del suelo.

Tiempo: El suelo se forma después de una serie de procesos los cuales se desarrollan a diferente velocidad. Por lo tanto se divide en las etapas siguientes:<sup>12</sup>

1. Material parental o madre: roca original que produce el material del suelo.
2. Suelo joven o inmaduro: acumulación de materia orgánica en la capa superficial, escasa intemperización, escaso lavado y movimiento de coloides.
3. Suelo maduro: presencia del horizonte B (además del A y el C), poco desarrollado y con algunas semejanzas con el A, las principales diferencias entre A y B son el contenido de materia orgánica y el color del suelo.
4. Suelo senil: horizonte B completamente diferenciado del horizonte A. Acumulación en B de materiales coloidales provenientes de A, los cuales forman una capa impermeable que puede ser de arcilla, humus, hierro o diversas mezclas. En esta etapa los suelos son poco fértiles.

## **1.6. TEXTURA.**

La textura del suelo es la relación que existe entre las diferentes partículas que componen el suelo y el tamaño que tengan, por lo tanto es la proporción en porcentaje de los tamaños de las partículas o granulometría. Por medio de la textura se puede conocer la capacidad impermeabilizante y de retención del agua del suelo, además del rendimiento del sistema radicular de las plantas para asimilar nutrientes.

En la agricultura el riego y el drenaje son importantes, en la que la textura es una propiedad fundamental para el cálculo de láminas de riego, de lavado, en el diseño de sistemas de riego y de drenaje. A continuación describiremos este proceso.

La textura de los suelos puede ser modificada mediante adecuadas labores agrícolas. Según la textura existen cuatro categorías relacionadas al tamaño de los granos: arena gruesa,

entre 0,2 y 2mm.; arena fina, entre 0,05 y 0,2 mm.; limo, entre 0,002 y 0,05 mm.; y arcilla, cuando los granos son inferiores.<sup>12</sup>

No existe una textura ideal, debido a que cada especie puede desarrollarse en tipos de suelo muy distintos; algunas necesitarán buenos drenajes, mientras otras no podrán crecer en suelos sin tanta humedad.

Las clasificaciones más usadas en la edafología: es el Sistema Internacional, propuesto por Atterberg, y el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.), la diferencia es que en el sistema de los EE.UU se establece más separaciones. Los análisis mecánicos de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se reportan generalmente en los dos sistemas.

**Tabla 1.2.** Textura y diámetro de las partículas.

FRACCIONES	LÍMITES DE LOS DIÁMETROS (mm)	
	SISTEMA USDA	SISTEMA INTERNACIONAL (Atterberg)
arena muy gruesa	2.0-1.0	
arena gruesa	1.0-0.5	2.0-0.20
arena media	0.5-0.25	
arena fina	0.25-0.10	0.20-0.02
arena muy fina	0.10-0.05	
limo	0.05-0.002	0.02-0.002
arcilla	< 0.002	< 0.002

**Fuente:** Cisneros Almazán, R. (n.d.). Apuntes de Riego y Drenaje.

Muy pocas veces el suelo estará constituido totalmente por una sola fracción de partículas, por esta razón, las clases de texturas están en función de distintas combinaciones de arena, limo y arcilla. La proporción exacta o el porcentaje de las tres fracciones se llama textura del suelo. (Plaster, 2000).

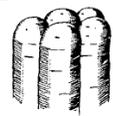
### 1.7. ESTRUCTURA.

Desde el punto de vista morfológico, es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo, se asocian entre sí, formando naturalmente grupos unidos sin la intervención del hombre.<sup>12</sup>

La estructura es diferente a la textura. Si se toma un puñado de tierra, se puede decir que tiene una buena estructura si se deshace fácilmente en la mano. Tanto la textura como la estructura determinan el espacio de poros para la circulación de aire y agua, resistencia a la erosión, soltura, facilidad para ararse y penetración de las raíces. Aunque la estructura está relacionada a los minerales en el suelo y no cambia con las actividades agrícolas, la estructura se puede mejorar o destruir fácilmente con la selección y duración de prácticas agrícolas (Sullivan, 2007).

La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y el desarrollo de las raíces, incidiendo así en la productividad del suelo y las facilidades de la labranza.<sup>12</sup>

**Tabla 1.3.** Características de la estructuras de un suelo.

ESTRUCTURA	CARACTERISTICA
<b>a. Granular.</b> Agregados con pocos poros en su interior; agregados pequeños (menor de 2cm de diámetro), esferoidales, no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A"	
<b>b. Migajosa.</b> Presenta unidades esféricas, agregados pequeños no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".	
<b>c. Laminar.</b> Cuando los agregados se desarrollan en dos direcciones (horizontales) más que en la tercera (vertical). Las placas a menudo se superponen e impiden la permeabilidad. Se encuentran generalmente en el horizonte "A2", en suelos de bosques y estratos arcillosos.	
<b>d. Bloques angulares.</b> Agregados de forma poliédrica, con superficies planas de aristas vivas y con vértices. Los agregados a menudo se rompen en bloques más pequeños. Se localizan generalmente en el horizonte "B".	
<b>e. Bloques subangulares.</b> Agregados de forma poliédrica, con superficies no muy planas, cuyas caras angulares redondeadas forman el molde del gránulo. Se localiza generalmente en el horizonte "B".	
<b>f. Prismática.</b> Agregados con caras definidas, columnas con las partes superiores no redondeadas. Otros agregados forman el molde del ped. Algunos agregados prismáticos se rompen en pedos de bloques más pequeños. Se localiza generalmente en el horizonte "B".	
<b>g. Columnar.</b> Prismas con su cara superior redondeada en posición natural son mayores que sus dimensiones horizontales. Las columnas están separadas por grietas verticales y generalmente quebradas por grietas horizontales. Las cabezas de las columnas son redondeadas y se encuentran muy a menudo en el horizonte "B" en suelos alcalinos (sódicos).	

**Fuente:** Cisneros Almazán, R. (n.d.). Apuntes de Riego y Drenaje.

Por lo tanto se puede afirmar que los suelos granulares de grano esferoidal y los de grano simple, lo cuales no tienen una estructura definida, tienen una alta tasa de infiltración o velocidad de infiltración. Mientras que los tipos de estructura en bloques y prismáticos tienen velocidades de infiltración moderadas. Los suelos de tipo de estructura laminares y

masivos tienen baja velocidad de infiltración.

**Tabla 1.4.** Relación de la estructura con la velocidad de infiltración.

<b>Tipos de Estructura</b>	<b>Velocidad de infiltración</b>
Granular	Rápida
Migajosa	Rápida
Laminar	Lenta
Bloques angulares	Lenta
Bloques Subangulares	Moderada
Prismática	Moderada
Columnar	Moderada

**Fuente:** Cisneros Almazán, R. (n.d.). Apuntes de Riego y Drenaje.

### **1.8. RELACIÓN ENTRE EL AGUA Y EL SUELO.**

Para el crecimiento vegetal el contenido de agua en el suelo tiene un efecto principal. Las cuatro funciones fundamentales del agua en las plantas, el mayor elemento del protoplasma (85 a 95%), son que interviene en la fotosíntesis, en la conversión de almidones en azúcar, es el solvente en el cual los nutrientes se mueven en y a través de las partes de la planta y provee de turgidez a la misma para mantenerla en la forma y posición apropiada.<sup>12</sup>

La circulación de agua en las plantas permite su desarrollo, para esto se utiliza aproximadamente 350 y 600 kilos de agua para obtener un kilo de materia seca, la mayor cantidad de agua se usa para transpirar y para transportar los elementos nutritivos del suelo.<sup>13</sup>

El agua es absorbida por las planta a través de la raíces o incluso a través de los estomas, aunque en mínima cantidad. Para poder tener un uso óptimo del agua es necesario conocer cómo se encuentra ésta en y a través del suelo, cómo el suelo almacena agua, cómo la planta lo absorbe, cómo se pierden los nutrientes del suelo por percolación y cómo medir el contenido de humedad y pérdidas de agua.

<sup>13</sup> Castañón, G. (2000). *Ingeniería del Riego*. Madrid: Paraninfo-Thomson Learning.

### **1.8.1. FUERZAS DE RETENCIÓN DEL AGUA.**

El agua que contiene un suelo bajo el punto de vista agrícola, es muy importante ya que está estrechamente relacionada con la nutrición vegetal. Es necesario conocer como se encuentra retenida en el suelo y como se mueve a través del mismo.

En las moléculas de agua existen fuerzas de atracción entre los átomos de hidrógeno y los de oxígeno de las superficies minerales del suelo o de otras moléculas de agua, manteniendo el agua en el suelo en contra de la fuerza de gravedad. Esta atracción de los átomos de hidrógeno del agua por los átomos de oxígeno de minerales se conoce como adhesión; la fuerza de atracción de los átomos de hidrógeno del agua por los átomos de oxígeno de otras moléculas de agua se le llama cohesión. Estas fuerzas combinadas se presentan en gran cantidad, provocando que películas de agua de considerable espesor se mantengan en la superficie de las partículas del suelo.<sup>12</sup>

Debido a que las fuerzas que mantienen el agua en el suelo son fuerzas de atracción superficial, entre más superficie tenga un suelo mayor será la cantidad retenida de agua. Esta fuerza con la que el agua es retenida en el suelo se señala como la fuerza requerida para empujar el agua fuera del suelo y se la conoce como tensión, succión del suelo o potencial húmedo.<sup>12</sup>

### **1.8.2. CLASIFICACIÓN DE HUMEDAD EN EL SUELO.**

Los intersticios o espacios entre las partículas del suelo dan lugar a una red de huecos conectados entre sí, de una gran variedad de formas y proporciones. Cuando el agua se filtra en el suelo seco, por lluvia o por riego, ésta se ubica alrededor de las partículas y es retenida por las fuerzas de adhesión y de cohesión, con lo cual desplaza el aire de los orificios entre las partículas y llena los poros.

Este punto en que los poros están llenos de agua se conoce como punto de saturación del terreno, con lo cual está a su máxima capacidad de retención. La capa de agua alrededor de las partículas aumenta de grosor hasta que las fuerzas de cohesión que sostienen las películas de agua son menores que la fuerza de gravedad, provocando así su filtración. Esta agua que se filtra por acción de la gravedad y que drena libremente se conoce como agua

gravitacional o libre.<sup>12</sup>

Si se detiene el suministro de agua en la superficie del suelo, ésta continúa colocándose entre dichos poros durante varios días hasta que el agua libre logra filtrarse. Los poros se vuelven a llenar de aire y el agua contenida en los pequeños poros sigue moviéndose por capilaridad, a este tipo de agua se le conoce como agua capilar.

Al evaporarse el agua en la superficie del suelo, sumado a la absorción de humedad por parte de las plantas en crecimiento, son factores que reducen la cantidad de agua en el suelo hasta el punto que no se observa movimiento de capilaridad. El agua queda aprisionada herméticamente en forma de capas muy delgadas alrededor de las partículas del suelo, por lo cual ya no puede ser aprovechada por las plantas y empiezan a marchitarse. Finalmente, el suelo queda tan seco que causa la muerte de la planta si se demora el suministro de agua al terreno. La parte restante del agua queda retenida entre las partículas superficiales, especialmente en los coloides del suelo, en forma tal que pierde su estado líquido y se desplaza en forma de vapor. A este tipo de agua se le denomina agua higroscópica.<sup>12</sup>

En la realidad no existe una línea divisoria bien definida entre estos tipos de agua en el suelo. La forma y proporción en que se encuentran depende de la textura, estructura, porosidad, materia orgánica, temperatura, profundidad del suelo. Para un determinado momento, la cantidad de agua contenida por un suelo podrá definirse según las siguientes condiciones:

Agua gravitacional: Se refiere al agua que drena por acción de la gravedad, este tipo de drenaje es evidentemente más rápido para los suelos arenosos que en los arcillosos. Esta agua está disponible en mínima proporción en la zona de raíces cuando se mantiene una aireación adecuada y/o cuando deja de ser gravitacional para pasar a ser aprovechable.

Punto de marchitez permanente (P.M.P.): También conocido como límite mínimo, es el contenido de agua de un suelo de una forma tan firme que las plantas no pueden extraerla causándoles una marchitez irreversible. En este estado se admite, en general, que el agua

está retenida con potenciales menores a -15 bares.

Para la estimación de la cantidad de agua que un suelo posee en el punto de marchitez permanente se emplean metodologías más complejas, como métodos biológicos u ollas de placas o membranas de Richards. En general se puede asumir que el valor de PMP de un suelo es aproximadamente el 50% de la capacidad de campo del mismo.

Capacidad de campo (C.C.): Es el porcentaje de humedad que es retenida a una tensión de 1/3 de atm aproximadamente y es la medida de mayor cantidad de agua que un suelo retendrá o almacenará bajo condiciones de completa humedad, después de haber drenado libremente. Aunque depende del tipo de suelo, después de la saturación, el drenado libre dura aproximadamente entre uno a tres días.

Agua disponible o humedad aprovechable (H.A.): Es el agua que puede ser aprovechada por la planta y se define como la diferencia entre la humedad a capacidad de campo (retenida a una fuerza de 1/3 de atm) y el punto de marchitamiento permanente (humedad retenida a una fuerza de 15 atm aproximadamente).<sup>12</sup>

## CAPÍTULO II.

### RIEGO POR ASPERSIÓN

#### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Los sistemas más antiguos de riego por aspersión se remontan al siglo XX para riego ornamental. Con el paso del tiempo se fue desarrollando el riego para el cultivo de frutales, hortícolas, etc. A partir de la década de los 30, con el desarrollo de los aspersores de impacto y de tuberías de acero ligero, se comenzó a usar el riego por aspersión a nivel mundial. En los años 1950, surgen nuevos aspersores y tuberías de aluminio, además de sistemas de bombeo más eficientes, lo cual implicó una reducción de costos. En la década de 1960, aparecen los equipos de pivote, lo que permitió realizar riegos de alta frecuencia a bajos costos y menor mano de obra, lo cual a su vez permitió la implementación de mayor tecnología y la automatización del riego.<sup>14</sup>

Por lo tanto este sistema de riego se ha hecho muy popular a nivel mundial y actualmente, con la ayuda de la automatización, la cual consiste en el uso de válvulas volumétricas, las cuales controlan el volumen de agua y cierran automáticamente después de su suministro, se ha permitido programar las parcelas de riego para hacerlas funcionar según una secuencia predeterminada.

El uso de unidades de control, ordenan automáticamente la apertura y cierre de las válvulas de acuerdo al riego deseado. Con la automatización también se puede el riego de varias parcelas sin la intervención del ser humano, ordenando el riego por medio de un computador o teléfono móvil.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Santos Pereira, L., de Juan Valero, J., Picornell Buendía, M., & Tarjuelo, J.M. (2010). *El Riego y sus Tecnologías (Vol.1)*. España: Europa-América.

## 2.2. DEFINICIÓN.

El riego por aspersión es un sistema que consiste principalmente en la distribución del agua en forma de lluvia sobre el suelo agrícola, para esto se utilizan dispositivos emisores de agua, también conocidos como aspersores, los cuales generan un chorro de agua pulverizada que llega al terreno de forma uniforme y en círculos. Estas superficies mojadas dependen de los tamaños de los diámetros de los aspersores que se utilicen en el sistema de riego. El agua puede ser expulsada por medio de los aspersores debido a que está dotada de presión, gracias a un sistema de bombeo. Además la longitud de la red de tuberías que transportan el agua por el terreno hacia los aspersores depende de las dimensiones y de la disposición de los aspersores dentro de la parcela que se va a regar, por lo tanto la ubicación de estos dispositivos en el terreno se realiza de manera que se tenga cubierto de la forma más homogénea todo el cultivo.

La figura a continuación muestra una sección de un cultivo a la cual le está siendo aplicada riego por medio de aspersores.



**Figura 2.1.** Distribución homogénea de aspersores.

### **2.3. RIEGO DENTRO DE LA ZONA URBANA.**

El sistema de riego por aspersión no solo puede ser utilizado para grandes cultivos en el campo, también se lo puede aplicar en zonas urbanas para el desarrollo de las áreas verdes, como jardines, parques, cementerios, campos deportivos, etc. La evolución de estos sistemas de riego permite facilitar el mantenimiento de parques y jardines públicos, en especial en países donde se tienen estaciones climáticas definidas y se requiere que para ciertas épocas del año se suministre agua de forma artificial debido a las necesidades de las plantas.

### **2.4. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.**

Los equipos de riego por aspersión han tenido un gran desarrollo al pasar de los años, teniendo mucha variedad que se acopla a las necesidades y presupuesto que se tenga en un proyecto de riego. Inicialmente se utilizaban aspersores de impacto colocados en forma simétrica sobre el terreno, los cuales se quitaban una vez cumplida su función. Posteriormente surgieron los aspersores con muelle de retroceso para que puedan quedar retraídos en el terreno cuando no se tenga riego. En los últimos años, debido al gran desarrollo tecnológico, inclusive se los puede programar por medio de un sistema computarizado y monitorearlos con telefonía móvil.

### **2.5. APLICACIÓN DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN.**

El objetivo del riego por aspersión es conseguir una distribución uniforme del riego, lo cual se consigue al establecer ramales con emisores en el campo, a los cuales se les puede hacer variar los tiempos de riego en sus distintas posturas o las velocidades de desplazamiento del ramal para lograr una homogeneidad del agua aplicada.<sup>15</sup>

Los distribución del agua se da de forma en que la zona del suelo que recibe más agua es la que está ubicada más cercana al aspersor, la distribución en altura de agua generada por un aspersor individual se puede asimilar a la forma de un cono. Según Christiansen, hay una buena uniformidad cuando los aspersores están separados aproximadamente entre un 50 y

---

<sup>15</sup> Alonso, D.(n.d.). *El Riego por Aspersión*.

65% del diámetro mojado. Por esta razón la aplicación uniforme de agua en la superficie del terreno se consigue mediante el solapamiento de las distribuciones individuales de cada aspersor, el marco de riego, que viene indicado en las especificaciones del fabricante de cada aspersor, influye directamente en la uniformidad del riego aplicado. Otro factor que es de gran influencia es la velocidad del viento debido a que puede desplazar las distribuciones individuales de los aspersores, con lo cual se modifica el diseño de aplicación de agua original, para poder obtener una buena distribución se puede disminuir la distancia entre aspersores en la dirección del viento dominante en la zona.

En general el riego se lo debe hacer antes de que la tensión del agua en el suelo reduzca el suministro hídrico de la planta, de tal forma que ésta no disminuya su producción.<sup>13</sup>

## **2.6. RECOMENDACIONES PARA EL RIEGO POR ASPERSIÓN.**

1. Se debe tener cuidado de que la bomba sea colocada horizontalmente para evitar tensiones indebidas. Durante su funcionamiento se debe asegurar que la presión sea la indicada, si es necesario se puede recurrir a un manómetro.
2. Se debe colocar un filtro a la entrada de la toma de agua para todo el sistema, de manera que se evite la entrada de cuerpos extraños al mismo.
3. Mantener constante el número de aspersores regando simultáneamente para que la bomba pueda funcionar siempre en las mismas condiciones, sin variaciones de caudal.<sup>13</sup>
4. Al instalar el sistema de tuberías se debe empezar desde la bomba para asegurarse de proceder de manera adecuada, además de debe constatar que todos los elementos de acoplamiento estén limpios y que las juntas negras estén en su sitio.
5. No se debe realizar el riego con aguas con contenidos salinos, ya que pueden producir fitotoxicidad en el cultivo.
6. Es recomendable no hacer riegos con vientos altos, puesto que como habíamos señalado antes, la uniformidad de distribución del agua aplicada se altera con el viento. Además, con altas velocidades de viento aumenta el porcentaje de pérdidas por evaporación y arrastre.

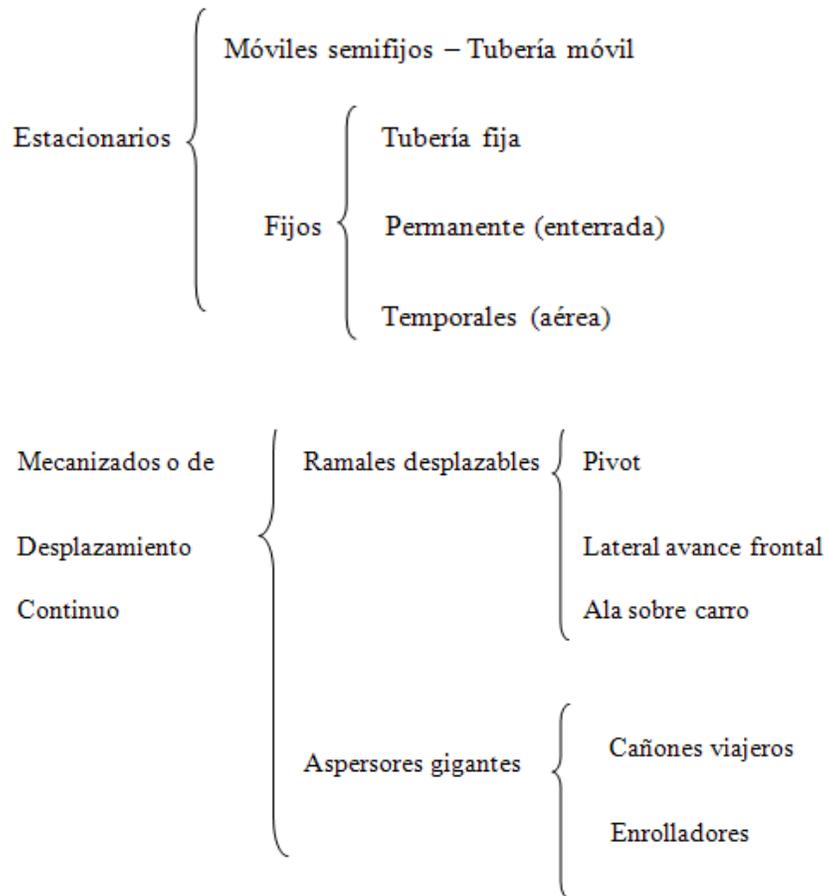
7. Se pueden automatizar los riegos por la noche, momento en el cual disminuyen la temperatura y la velocidad del viento y por lo tanto decrecen las pérdidas por evaporación y arrastre.
8. Se debe realizar un mantenimiento adecuado de los elementos de la instalación, porque en muchas ocasiones, algunos descuidos como la rotura de emisores o la obstrucción de los filtros, causan la falta de homogeneidad del sistema de riego.
9. No se debe poner limitaciones innecesarias en el funcionamiento de la red de riego por aspersión, puesto que un intento de ahorro económico al momento de hacer las instalaciones, disminuyendo el diámetro de las tuberías o aumentando los marcos de riego de los aspersores, pueden condicionar su manejo, de todas maneras la persona o grupo de personas que realizarán el riego deben estar informadas sobre las limitaciones de manejo que pueda tener.<sup>15</sup>

## **2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN.**

Los sistemas de riego por aspersión se pueden clasificar en dos grupos generales, aunque para este proyecto en especial se ha enfocado en los sistemas estacionarios o fijos:

1. Sistemas estacionarios: se caracterizan por permanecer en la misma posición mientras dura el riego. Dentro de este grupo se encuentran los sistemas que pueden desplazarse de una posición de riego a otra, de forma manual, por tuberías, o mecanizados, como en los sistemas de desplazamiento discontinuo.<sup>14</sup>

2. Sistemas mecanizados o móviles: se caracterizan por desplazarse mientras aplican el agua de riego, siguiendo una trayectoria lineal o circular. Los principales sistemas móviles con desplazamiento continuo son los sistemas pivote, los laterales de avance frontal y los cañones halados por una tubería con enrollador o por cable.<sup>14</sup>



## 2.8. ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE RIEGO.

Los principales elementos de este sistema de riego son los siguientes:

1. Sistema de bombeo: es el encargado de proporcionar agua a presión, elevándola a partir de su nivel original hasta poder alimentar el sistema de riego.
2. Red de tuberías principales: sirven para llevar el agua hasta los hidrantes, los cuales son la toma de agua en la parcela. Por lo tanto conducen el agua desde el sistema de elevación hasta las tuberías secundarias y a sus ramales.
3. Ramales o tuberías de distribución: se utilizan para conducir el agua a través de la parcela a regar, pueden ser fijos o móviles. Deben estar sobre una cama de arena para su protección.

4. Aspersores: son los elementos encargados de distribuir el agua en forma de lluvia y los elementos principales en este sistema de riego, por lo cual influye en la calidad de su funcionamiento.
5. Depósito del agua: sirve para poder almacenar el agua necesaria para suministrar uno o varios riegos y es el punto de enlace entre el agua sin presión y el sistema de impulsión a la presión necesaria para el riego calculado.<sup>15</sup>

Todos estos elementos pueden estar fijos en el campo o pueden estar únicamente durante el periodo de riego, retrayéndose en el terreno, también pueden ser enteramente móviles para ser transportados desde un lugar a otro de la parcela, todo depende del uso y las características del proyecto. Entre los dispositivos que se usan para la instalación de este sistema de riego están las piezas de unión, tubos de acoplamiento, válvulas, etc. Ejemplos de estos elementos se tiene en los Anexos 1.

Un sistema de riego por aspersión puede adaptarse con mucha facilidad a topografías irregulares, ya sea con las redes de tuberías tradicionales como con las máquinas de riego. El consumo de agua con este método de riego es moderado y la eficiencia se aproxima al 80%, de todas maneras, la aplicación del agua en este sistema de riego siempre está limitada a las condiciones climáticas, en especial al viento y la aridez del clima, puesto que si las gotas generadas son muy pequeñas podrían desaparecer antes de tocar el suelo por efecto de la evaporación.

Los principales tipos de aspersores que existen en el mercado se pueden dividir en los siguientes grupos:

- ✓ Aspersores de impacto (Figura 2.2.a y 2.2.b)
- ✓ Difusores (Figura 2.3.)
- ✓ Aspersores de turbina (Figura 2.4.)

Tanto los aspersores como los difusores están situados a nivel del suelo y reciben presión, algunos pueden ser emergentes, que se encuentran en la superficie del suelo únicamente en el momento del riego y se retraen después de usarlos con ayuda de un muelle de retroceso, el resto es no emergente. En muchos casos los aspersores y difusores pueden disponer de un filtro de malla para la protección de las boquillas, lo cual puede ser de gran utilidad. Entre las características más importantes de un aspersor están su presión de trabajo, el marco de utilización y el caudal que varía dependiendo del diámetro de la boquilla.

El caudal  $Q$  que sale a través de la boquilla de un aspersor, se ajusta a la siguiente ecuación:  $Q = C_d \cdot S \cdot (2gH)^{1/2}$

Donde:

$C_d$ = Coeficiente de gasto, en aspersores de buena calidad varía de 0,95 a 0,98.

$S$ = Sección de la boquilla.

$g$ = Aceleración de la gravedad.

$H$ = Altura de presión de la entrada del aspersor.<sup>13</sup>

### **2.8.1. ASPERSORES ROTATIVOS DE IMPACTO.**

Este tipo de aspersores utilizan el impacto del agua sobre una pieza mecánica móvil, la cual produce un desplazamiento del chorro de agua a lo largo de un recorrido preestablecido. Se dispone de una amplia gama de presiones, caudales y alcances. Este tipo de aspersor puede regar un sector circular cuando existen mecanismos para obligar que el sentido del movimiento se invierta, por lo tanto pueden ser diseñados para diferentes ángulos de chorro. El menor de 7-12°, se lo conoce como chorro liso y sirve para el riego en zonas que se encuentren debajo de las copas de los árboles en condiciones ventosas. El mayor de 24°, sirve para alcances mayores, los que están cerca de los 40° son aspersores llamados cañones, para aplicaciones especiales.<sup>14</sup>

Los aspersores de impacto pueden tener dos boquillas en direcciones opuestas, en el que la mayor se usa para grandes alcances, los caudales más elevados y a asegurar la rotación del

aspersor. Las partes más importantes que componen esta clase de aspersores pueden observarse en el ejemplo de la siguiente figura.

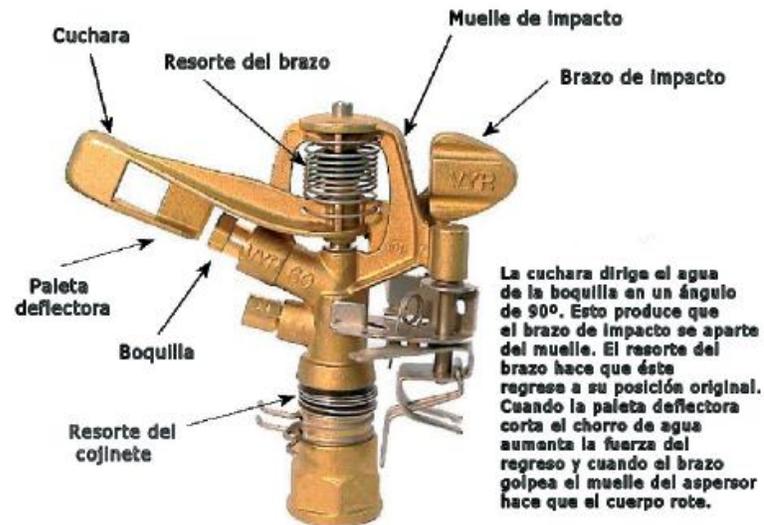


Figura 2.2.a. Aspersor de impacto.

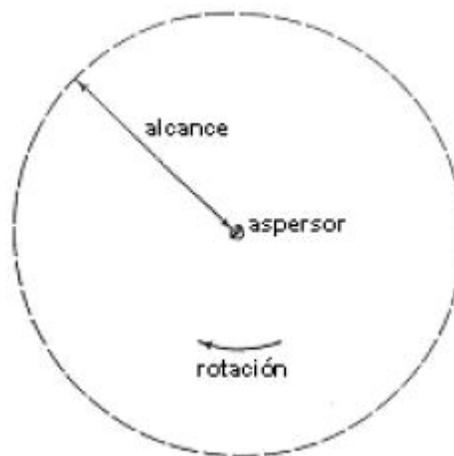


Figura 2.2.b. Modelo de distribución de agua de un aspersor de impacto

### 2.8.2. DIFUSORES.

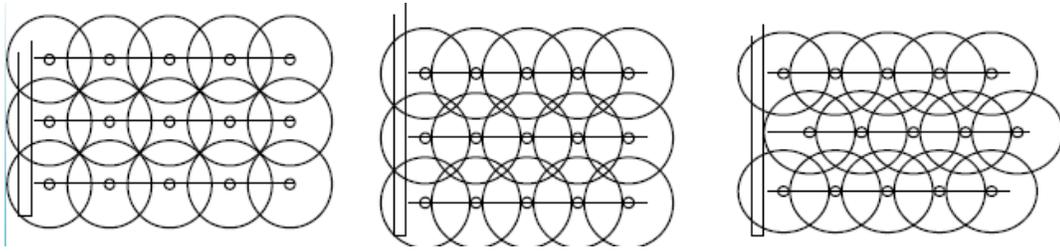
Estos equipos se caracterizan por estar estáticos en el terreno, son más sencillos en cuanto a su funcionamiento, requieren de una baja presión del agua y permiten el riego de un sector concreto y fijo del terreno de cultivo, como se muestra en la figura 2.3. El agua se dispersa en círculo al chocar el chorro contra una placa, plana o estriada, fijo o balanceante. Este aspersor no puede mantener un riego contante sobre todo el círculo mojado. Por lo general la lámina de agua aplicada durante el riego es mayor cerca del dispositivo.<sup>14</sup>

Para hacer que sea uniforme es necesario colocar varios aspersores funcionando unos cerca de otros para que sus modelos de distribución se superpongan, como se puede observar en la figura 2.4.



Fuente: Nelson (2003).

**Figura 2.3:** Difusores.



**Figura 2.4.** Superposiciones de las áreas mojadas de los aspersores de un sistema estacionario.

### 2.8.3. ASPERSORES ROTATIVOS DE TURBINA.

Este tipo de aspersores tienen una turbina en su sistema de funcionamiento, la cual regula el ángulo del chorro del agua y permite su desplazamiento, se caracterizan por permitir un mayor alcance del chorro de agua.

Las partes más importantes que lo conforman pueden observarse en la siguiente figura:



**Figura 2.5.** Aspersor de turbina.

Los aspersores tienen sus características específicas que sirven para poder calcular el diámetro mojado del terreno, como la presión de funcionamiento y caudal.

#### **2.8.4. TUBERÍAS.**

Para las tuberías fijas de poco diámetro, las cuales van enterradas, se utilizan tuberías de plástico o PVC, debido a su facilidad para el montaje del sistema. Sobre estas tuberías existen a intervalos regulares bocas donde se conectan los aspersores, para esto se presenta una variedad de dispositivos como acoples rápidos, hidrantes que conectan las tuberías enterradas hasta las tomas de riego. Estas últimas pueden incluir, además de la llave de paso, un limitador de caudal que evita el paso de caudales superiores, un regulador de presión para mantenerla constante a la salida de la borna y un contador mediante el cual se puede conocer el volumen total utilizado. Para tener una eficiencia del riego aceptable en los ramales según Christiansen, la máxima diferencia de presión entre los aspersores externos debe ser menor al 20% de la presión de trabajo nominal del aspersor, siendo aconsejable utilizar ramales de la mayor longitud posible.<sup>13</sup>

Para las tuberías principales, la profundidad a la cual van enterradas debe ser tal para que no sean afectadas por las labores agrícolas o por el paso de maquinaria pesada, reforzándolas con hormigón. La velocidad de circulación del agua debe estar entre 0,30 y 2m/s, para evitar sedimentaciones y tener una buena distribución. Para determinar los diámetros de las tuberías se compara la repercusión anual del coste inicial y de la energía consumida al vencer las pérdidas de carga. Las pérdidas de carga se calculan con la fórmula de Darcy:  $hf = f.L/D.U^2/2g$ ; donde hf es la pérdida en metros, f es un coeficiente, L la longitud de la tubería, D el diámetro de la tubería en metros, U la velocidad del agua y g la aceleración de la gravedad. El caudal de la tubería se calcula mediante la siguiente fórmula:  $Q = U.\pi D^2/4$ , siendo Q el caudal máximo que puede circular en la tubería.<sup>13</sup>

#### **2.9. ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.**

El riego por aspersión es conveniente para una gran cantidad de cultivos y se adapta a casi todos los suelos debido a que los aspersores poseen una amplia gama de características y de capacidades. A espaciamientos adecuados, el agua puede ser aplicada a cualquier valor

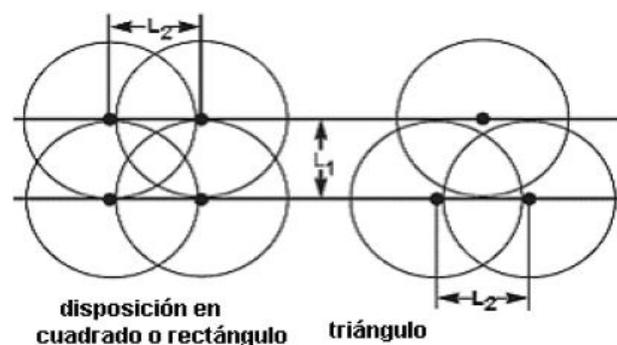
de pluviometría que no sea menor a 3 mm/h, razón por la cual este sistema puede aplicarse en suelos de textura fina y baja tasa de infiltración. Los sistemas estacionarios se adecuan tanto a riegos frecuentes, en caso de suelos con baja capacidad de retención de agua y cultivos con raíces poco profundas, como a riegos con grandes dosis y baja frecuencia. De todas maneras cuando se tiene una baja permeabilidad e infiltración del suelo, provoca escorrentía superficial.<sup>14</sup>

Por lo tanto cuando el diseño de este sistema de riego es el adecuado, el agua puede ser esparcida de forma homogénea, y con pluviometría compatible con la tasa de infiltración del suelo, es posible controlar la escorrentía y evitar daños tanto al suelo como a los cultivos.

#### 2.10. TASA DE APLICACIÓN O PLUVIOMETRÍA HORARIA.

Es la pluviosidad a la que los aspersores suministran el agua cuando están en funcionamiento se conoce como tasa de aplicación o pluviometría horaria,  $I_a$  [mm/h]. La tasa de aplicación depende de características del aspersor y del espaciamiento entre aspersores en el marco de la disposición de los aspersores en el terreno. (Santos Pereira, et al., 2010)

Ya sea en cuadrado, rectángulo o triángulo, en el caso de sistemas estacionarios como se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Senninger (2003).

**Figura 2.6.** Disposición de los aspersores en sistemas estacionarios.

Para la aspersión estacionaria  $I_a$  está dada por la siguiente expresión:

$$I_a = 1000 \frac{q}{a}$$

Donde:  $q$ , es el caudal o gasto del aspersor y  $a$ , es el área de regadío de cada aspersor.

Al aumentar el tamaño de la boquilla o de la presión, junto con una disminución de los espaciamientos entre los aspersores, aumentan la tasa de aplicación. Este valor deberá ser menor a la tasa de infiltración del suelo para evitar la acumulación de agua en la superficie, pérdidas por escorrentía y la erosión del suelo. Puesto que las condiciones de infiltración son peores en terrenos inclinados, donde la escorrentía se produce más rápido, las tasas de aplicación deberán ser menores.<sup>14</sup>

El riego por aspersión puede ser evaluado por medio de una red de pluviómetros en el campo, los cuales consisten en pequeños recipientes de 10 a 15cm de diámetro y 15cm de altura. Se escogen tres aspersores consecutivos de un ramal representativo, se colocan los pluviómetros con una separación elegida, ubicando uno de ellos en un lugar fuera del alcance de los aspersores. Al poner en funcionamiento el sistema se debe tomar el tiempo de la prueba, la dirección y velocidad del viento. Una vez finalizado este proceso se mide el volumen de agua en cada uno de los recipientes.<sup>13</sup>

### **2.11. GOTAS DE AGUA DURANTE EL RIEGO.**

Un aspersor puede producir diferentes tamaños de gotas, las cuales están en un rango aproximado de 0,5 a 4mm de diámetro. Las gotas que tengan un diámetro inferior, caen cerca del aspersor, mientras que las más grandes pueden afectar a los cultivos de flores, frutas u hojas de cultivos delicados, además de destruir la estructura superficial de los suelos que tengan estructura frágil, con lo cual se puede formar una especie de costra reduciendo la tasa de infiltración.

Por este motivo el tamaño de las gotas debe ser controlado mediante la relación diámetro de la boquilla y la presión de funcionamiento. Con las presiones bajas, las gotas son de mayor tamaño, mientras que a presiones mayores son más pequeñas, lo cual puede dar

origen a pérdidas importantes por acción del viento y por evaporación. Con esto se puede concluir que si se va a instalar aspersores en climas áridos y ventosos se debe evitar la combinación de boquillas de poco diámetro y presión elevada.<sup>14</sup>

## **2.12. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN.**

### **2.12.1. VENTAJAS.**

- ✓ Con este método de riego es necesaria poca mano de obra, debido a que se puede automatizar el sistema, además de no tener que ser tan calificada como para otros métodos de riego.<sup>15</sup>
- ✓ No necesita la construcción de canales y acequias en el terreno.<sup>13</sup>
- ✓ Con el riego por aspersión no se necesita nivelar el terreno, proceso que puede generar una pérdida en la fertilidad del suelo y queda disponible la mayor parte del terreno regable para el cultivo, puesto que se suprimen canales, acequias y regueras que se utilizan en otros tipos de riego.
- ✓ Se puede regar con aguas ácidas, debido a que proporciona una gran oxigenación del agua.<sup>13</sup>
- ✓ Este sistema se caracteriza porque se lo puede utilizar en una gran diversidad de suelos, incluso en suelos con texturas ligeras, con alta infiltración y baja capacidad de retención.<sup>14</sup>
- ✓ La eficiencia de la aspersión es del orden del 80%.
- ✓ Se reduce la pérdida de elementos fertilizantes por lixiviación, y a su vez se puede utilizar para el lavado de suelos salinos.
- ✓ El sistema de aspersión fijo se la puede utilizar para riego anti heladas, en países o zonas donde las temperaturas tienden a ser muy bajas y los cultivos puedan congelarse, para evitar daños en las plantas o riegos refrescantes para proteger los cultivos de temperaturas elevadas. Esto se logra enviando calor a las plantaciones y un riego sin interrupciones mientras dure la helada.

- ✓ Se puede utilizar también para realizar fertilizaciones, distribución de estiércol líquido o “lissier” y tratamientos fitosanitarios.
- ✓ Muy adaptable a rotaciones de cultivos.
- ✓ Si el sistema está bien diseñado para un cultivo, permite ahorrar agua debido a que tiene poca pérdida por evaporación y arrastre del viento.

### **2.12.2. DESVENTAJAS.**

- ✓ El riego por aspersión tiene un elevado costo en la primera instalación, el cual es inversamente proporcional al área del riego, y de gastos de explotación, debido a los costes de la alta energía necesaria para el bombeo para alcanzar la presión de agua adecuada de diseño. De todas maneras, se debe aclarar que estos costos se compensan con otros gastos que no se hacen para este método de riego.<sup>14</sup>
- ✓ Con este método de riego no se pueden utilizar aguas salinas sobre plantas sensibles a la sal, debido a que producen quemaduras en las hojas. Las concentraciones altas en bicarbonatos provocan machas en los frutos.
- ✓ En algunos cultivos y en fechas específicas, pueden verse afectados por enfermedades criptogámicas en las plantas mojadas o debido a la dificultad en cuestiones de fecundación al regar en época de floración.
- ✓ Este sistema no se adapta a suelos con tasas de infiltración bajas ( $\leq 3$ mm/h), por lo que se puede producir una fuerte escorrentía y erosión del suelo.<sup>14</sup>
- ✓ En terrenos muy irregulares puede ser muy difícil ubicar los aspersores para que exista uniformidad del riego.
- ✓ El viento dificulta el reparto eficiente del agua de los aspersores.

### **2.13. EL SUELO Y EL AGUA EN UN CULTIVO.**

El crecimiento y desarrollo de las plantas está asociado al adecuado equilibrio entre los requerimientos que estas poseen y las condiciones que su entorno pueda ofrecerles. Mientras que el suelo tiene la capacidad de almacenar agua, la planta utiliza este medio para su crecimiento y desarrollo, entendiendo así que las plantas necesitan del suelo para subsistir.

Tomando en cuenta la utilización de agua de las plantas, la saturación del suelo es un estado en el cual los poros están llenos de agua después de una lluvia o riego abundante o en el caso de haber un nivel freático muy alto. La capacidad de campo en un suelo es el porcentaje de agua que se pierde por gravedad. El porcentaje de marchitamiento permanente es otra variable que relaciona el suelo con el agua y tiene que ver con el efecto de evaporación del contenido de humedad del suelo y de la absorción de las plantas, hasta que ya no pueden absorber más agua y comienzan a marchitarse.

#### **2.13.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y PORCENTAJE DE MARCHITAMIENTO DE UN CULTIVO.**

Para un cultivo en específico, tanto la capacidad de campo como el punto de marchitamiento se pueden medir en el laboratorio, de una forma más fácil y eficiente estos cálculos se pueden determinar por medio de tablas de las propiedades físicas del suelo, con lo cual se puede tener una aproximación válida en el campo, donde no se cuenta con los instrumentos necesarios para realizar cálculos complejos. A continuación se muestra dicha tabla (Tabla 2.1) para el ejemplo de un cultivo de maíz, el cual es muy común en la zona donde se va a realizar el proyecto de riego por aspersión.

**Tabla 2.1:** Propiedades físicas del suelo. (CC y PMP).

Textura	Porosidad %	Densidad Aparente	Capacidad de Campo %en peso	Punto de Marchitamiento	Humedad Disponible		
					% en peso seco	% en volumen	cm/m
	W	As	FC	PW	P=FC-PW	PV=PWAs	D=(PWAsD)/100
Arenoso	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco-arenoso	43 (40-47)	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	47 (43-49)	1.40 (1.35-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
Franco-arcilloso	51 (49-53)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (12-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	23 (18-23)
Arcillo-arenoso	53 (51-55)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

**Fuente:** José Luís, Técnicas de Riego, 4ta Edición.

## 2.14. REQUISITOS DEL RIEGO.

### 2.14.1. PROFUNDIDAD DE LAS RAÍCES.

Es importante que en los cultivos se analicen las profundidades que tengan las raíces de las plantas dentro el suelo de cultivo. Esta profundidad depende de las características genéticas de cada especie de planta, de las características y propiedades del suelo en donde están arraigadas, así como de los niveles de agua y los nutrientes que dispongan. Esta importancia se debe a que cuando una planta está bien enraizada en el suelo, el rendimiento del cultivo no puede ser afectado si su sistema radicular disminuye por cualquier inconveniente que se presente. La profundidad total del sistema radicular depende de cada especie de planta cuando el suelo es profundo y homogéneo, pero puede variar especialmente debido al nivel de humedad y la proximidad que se tenga al nivel freático.<sup>16</sup>

Se debe tomar en cuenta que la profundidad efectiva corresponde aproximadamente al 80% de la profundidad total de las raíces. En la siguiente tabla se pueden observar los valores indicados de profundidad radicular efectiva de varios cultivos típicos de la sierra ecuatoriana. Estos valores permiten hacer cálculos de evotranspiración del cultivo como se mostrará más adelante.

<sup>16</sup> Silva, Milton. *Manual de Riego y Drenaje. Universidad Central del Ecuador-Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas.*

**Tabla 2.2:** Profundidad efectiva del sistema radical de algunos cultivos (m)

CULTIVOS	PROFUNDIDAD DE LA ZONA RADICULAR (m)
Alfalfa	1.50 a 3.00
Alcachofa	1.20
Algodón	0.60 a 1.80
Brócoli	0.60
Col	0.60 a 1.20
Coliflor	0.60 a 1.20
Cebolla	0.45
Cereales de granos pequeños	1.20
Camote	1.20 a 1.80
Cacahuete	0.60
Espinaca	0.60
Espárrago	0.90
Fréjol	0.90
Lechuga	0.30 a 0.45
Maíz dulce	0.90 a 1.20
Maíz	1.50
Nabo	0.90
Papa	0.90 a 1.20
Rábano	0.30 a 0.45
Zanahoria	0.90

**Fuente:** Silva, Milton. Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

#### 2.14.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN.

La evotranspiración, es la combinación de dos procesos, la evaporación y la transpiración del cultivo, lo cual causa una pérdida en el contenido de agua. Estas pérdidas se llevan a cabo debido a la acción de la radiación solar y el incremento de temperaturas. Se estima que más del 90% de la evotranspiración es por transpiración del cultivo. De todas maneras, la evapotranspiración del agua que sale del aspersor puede crear un microclima,

aumentando la humedad del ambiente y disminuyendo la temperatura, lo cual disminuye las necesidades hídricas de las plantas.<sup>13</sup>

#### **2.14.2.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.**

Penman (1948), afirmó que la cantidad de agua que consume un cultivo de talla baja y uniforme, que cubre totalmente el suelo y que siempre está previsto de humedad aprovechable, será mayor que la de la evapotranspiración. Los factores que influyen directamente para que la evapotranspiración tenga un determinado valor son por lo tanto: el clima, el tipo de cultivo, el suelo y el agua de riego.

Existen muchos métodos que permiten evaluar la ETP con una aproximación suficiente para muchos estudios hidrológicos. Algunos de estos métodos son:

1. Método de Thornthwaite: Para este método se requiere los datos de la temperatura y la latitud para poder hacer los cálculos pertinentes.
2. Método de Turc: En este método se relacionan los datos de precipitación, temperatura y efecto de la humedad en el suelo.
3. Método de Hansen: Sus cálculos dependen de las curvas de exigencia de humedad del cultivo en estudio.
4. Método de Blaney y Criddle: Este método únicamente requiere el dato de la temperatura, por lo cual es más simple de calcular.
5. Método de Penman simplificado: Para este método se necesitan los datos de evaporación potencial diaria, la cual se obtiene por medio de tablas que están relacionadas a la radiación solar, la temperatura y el brillo solar.<sup>17</sup>

##### **2.14.2.1.1. MÉTODO DE BLANNEY Y CRIDDLE.**

Se hizo un ejemplo con el método de Blaney y Criddle, el cual fue desarrollado bajo las características del clima del Oeste de los Estados Unidos, relacionando valores reales de evapotranspiración, con la temperatura media mensual, el porcentaje mensual de las horas

---

<sup>17</sup>USON.(n.d.). *Evotranspiración*.

anuales del brillo solar y un factor de cultivo, los cuales se encuentran tabulados, de manera que se puede estimar el uso consuntivo.<sup>16</sup>

La fórmula general, que permite determinar el uso consuntivo o evapotranspiración real en un mes se escribe:

$$UC = K F$$

Donde:

UC = Uso Consuntivo o evapotranspiración real (cm)

K = Coeficiente de ajuste o factor de cultivo, depende del tipo de cultivo y de la humedad a la cual está sometido (Ver Tabla 2.3).

$$F = \sum_1^n f$$

Donde:

$$f = \rho \left( \frac{T + 17.8}{21.8} \right)$$

n = Número de ciclos vegetativos del cultivo.

T = Temperatura media mensual en grados Celsius.

$\rho$  = Porcentaje de hora luz (Tabla 2.5).

Para poder obtener los valores de K o coeficiente estacional se puede acudir a la siguiente tabla:

**Tabla 2.3:** Coeficiente estacional de uso consuntivo para definir el cultivo.

CULTIVO	PERIODO VEGETATIVO	K (CÁLCULO GLOBAL)
Algodón	7 meses	0.60 a 0.65
Alfalfa	Entre heladas	0.80 a 0.85
	En invierno	0.60
Arroz	3 a 5 meses	1.00 a 1.20
Cereales	3 meses	0.75 a 0.85
Cítricos	7 meses	0.50 a 0.65
Frijol	3 meses	0.60 a 0.70
Jitomate	4 meses	0.70
Maíz	4 meses	0.75 a 0.85
Nogales	todo el año	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 a 0.75
Pastos	todo el año	0.75
Remolacha	6 meses	0.65 a 0.75
Sorgo	4 a 5 meses	0.70

**Fuente:** SILVA, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador –  
Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

Para el cálculo del uso consuntivo se deben tener los datos específicos para la zona del proyecto y realizar los cálculos pertinentes:

Latitud del proyecto (carta topográfica de la zona del proyecto): Norte 78°35'02''

Sur 0°08'17''

Para la siguiente tabla se tiene las temperaturas medias por meses, de una estación cercana a la zona del proyecto, en grados Celsius.

**Tabla 2.4.** Temperatura media por meses.

ENE	FEBR	MARZO	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
14.3	14.4	14.3	14.8	14.5	14.3	14.0	14.2	14.5	14.7	14.0	14.6

Fuente: Propia.

Si se toma como patrón de cultivo al maíz, basándonos en la Tabla 2.5 se puede observar que el valor de K varía entre 0.75 a 0.85, para lo cual escogemos el menor valor, por lo tanto:

$$K=0.75$$

De acuerdo a la ubicación del proyecto de la Hacienda Guadalupe se toma la Latitud Sur  $0^{\circ} 15' 00''$ , esto se verifica en la Tabla 2.6, la cual muestra los cálculos ejemplarizado de un cultivo de maíz, con ciclo vegetativo de 8 meses, obteniendo los datos mensuales del porcentaje de horas de sol diarias, relacionando las diferentes tablas como se había mencionado para cada uno de los cálculos que son necesarios para usar en la fórmula para este método.

**Tabla 2.5:** Porcentaje de horas diarias de sol.

ENE	FEBR	MARZO	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
8.50	7.66	8.49	8.27	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50

Fuente: Propia.

**Tabla 2.6:** Cálculo de evapotranspiración (UC) por el primer Método Blaney y Criddle

MES	TEMPERATURA [°C]	p	$f=p((t+17.8)/21.8)$ [cm]	K	UC=K*F [cm]
Enero	14,3	8,50	12,52	0,75	9,39
Febrero	14,4	7,66	11,31		8,49
Marzo	14,3	8,49	12,50		9,38
Abril	14,8	8,27	12,37		9,28
Mayo	14,5	8,50	12,59		9,45
Junio	14,3	8,22	12,10		9,08
Julio	14,0	8,50	12,40		9,30
Agosto	14,2	8,49	12,46		9,35
Septiembre	14,5	8,21	12,16		9,12
Octubre	14,7	8,50	12,67		9,50
Noviembre	14,0	8,22	11,99		8,99
Diciembre	14,6	8,50	12,63		9,47
<b>F =</b>			<b>147,72</b>	<b>UC =</b>	<b>110,79</b>

El valor obtenido por el primer método de cálculo de Blaney-Criddle para uso consuntivo es de 110.79 [cm].

Para calcular la dosis de riego, Dm, es necesario conocer la profundidad de las raíces de cada cultivo, H, la capacidad de campo CC y el porcentaje de marchitamiento PM. Las cuales se relacionan:  $Dm= 100 H (CC-PM)$ .<sup>13</sup>

## 2.15. BALANCE HÍDRICO.

Este estudio se realiza para poder cuantificar la cantidad de agua que entra a una región o zona determinada en un tiempo dado y ésta es igual a la cantidad de agua que sale de dicha región o zona en el mismo período, más o menos el cambio de almacenamiento dentro de la zona durante este período.

Dentro del balance hídrico se toma en cuenta la escorrentía, debido que el sistema de riego por aspersión es superficial, por lo tanto se lo debe considerar en terrenos con pendientes significantes. Otro factor importante es el dato de evapotranspiración del cultivo, que se lo calculó con anterioridad, además del contenido de humedad del suelo. El drenaje influye en el flujo de agua del suelo por debajo de la zona radicular de las plantas, para terrenos

con pendientes pronunciadas, el drenaje tendrá una componente horizontal al haber un gran contenido de agua.

## **2.16. CRITERIOS TÉCNICOS Y PROTOCOLO DE ACTUACIÓN.**

Los criterios técnicos de actuación están destinados para garantizar que el agua de aporte a un sistema, en este caso de riego, sea de una calidad bacteriológica adecuada. Para esto, las instalaciones también deben pasar por un proceso de mantenimiento y se debe construir de forma que todas las zonas sean accesibles para su limpieza.

### **2.16.1. DURANTE LA FASE DE DISEÑO.**

Antes de realizar un proyecto de este tipo se debe analizar el origen del agua que se va a utilizar y realizar un estudio microbiológico para asegurarse de que es de buena calidad. Cuando se va a utilizar agua directamente de la red no es necesario realizar ningún tratamiento de desinfección, como es el caso de este proyecto. Si se va a utilizar aguas subterráneas o tratadas, no potabilizadas para un proyecto de riego, se debe realizar un tratamiento previo que permita garantizar la calidad microbiológica del agua.

Si en el proyecto de riego no se puede construir un depósito de agua, se debe realizar una desinfección en continuo en una tubería de aporte. De igual forma se puede instalar un filtro de protección general para alargar la vida de los filtros de malla internos de los aspersores y difusores. En aguas con contenidos tóxicos se puede dosificar un inhibidor o usar equipos físicos para impedir incrustaciones calcáreas en las boquillas.<sup>18</sup>

Los sistemas de riego deben ser diseñados de manera que sus elementos sean fácilmente accesibles y desmontables para su limpieza y mantenimiento para su buen funcionamiento. Se debe tomar en cuenta que la presión del agua de la red se debe ajustar a las especificaciones de los aspersores y difusores. Como se dijo anteriormente, una presión excesiva aumenta las pérdidas de agua en el riego, por lo tanto, si se tiene este problema se deben instalar reductores de presión.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> España, MSC-Ministerio de Sanidad y Servicios Sociales.(n.d.). *Riego por Aspersión en el Medio Urbano*.

### **2.16.2. FASE DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.**

Los equipos se deben instalar basándose en un plano o un esquema de instalación, verificando siempre la estanqueidad del circuito y la ausencia de fugas. Los equipos para el tratamiento del agua serán fácilmente accesibles para su mantenimiento y control. Durante esta fase se evitará la entrada de materiales ajenos al sistema. El sistema de riego deberá tener una limpieza y desinfección previa a su puesta en marcha. Se debe prevenir la formación de zonas con estancamiento de agua que pueden favorecer el desarrollo de bacterias.<sup>18</sup>

### **2.16.3. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN.**

Se debe evitar amplios períodos sin funcionamiento, debido a que pueden causar estancamiento del agua y con ello una proliferación de microorganismos. El riego por aspersión se puede realizar de preferencia en horarios nocturnos en los que no haya mucho tránsito de personas para evitar su contacto directo a los biocidas, responsables de muchas enfermedades.

Se debe hacer una revisión para comprobará el buen funcionamiento y estado de conservación y limpieza del sistema. La observación del aspecto de la superficie del terreno, de la forma de pulverización así como del alcance del chorro de agua, será de gran importancia para verificar si el sistema funciona correctamente, si existen obstrucciones en las boquillas o en los filtros de malla. La revisión del funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos, así como los sistemas utilizados para el tratamiento del agua, se realizará con una periodicidad y como indica la Tabla 2.7.<sup>18</sup>

**Tabla 2.7.** Periodicidad de las revisiones.

<b>Elemento</b>	
Circuito de Riego	Se controlará el correcto funcionamiento del sistema y la ausencia de fugas en el circuito.
Boquillas	Comprobar mediante inspección visual que no tengan suciedad general, corrosión o incrustaciones. La pulverización debe ser homogénea.
Filtros de los Aspersores	Revisar que no se encuentren obstruidos. Limpiar o sustituir cuando sea necesario.
Equipos de Tratamiento del Agua	Comprobar su correcto funcionamiento

**Fuente:** Ministerio de Sanidad y Servicios Sociales, España.

Esta revisión se realiza para poder detectar a tiempo la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos, algas o cualquier otro evento que altere el buen funcionamiento de la instalación. En el caso de detectar algún componente deteriorado se procederá a su reparación o sustitución. En aguas donde la calidad microbiológica en el aporte no esté garantizada, se revisará la misma, determinando los parámetros que se especifican en la Tabla 2.8.<sup>18</sup>

**Tabla 2.8:** Parámetros de control de calidad de agua.

<b>Parámetro</b>	<b>Método de Análisis</b>	<b>Periodicidad</b>
<b>Recuento total de aerobios</b>	Según la Norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo análisis. La norma ISO 6222 especifica dos niveles de temperatura (33 y 36°C). Efectos de sistemas de riego será suficiente el análisis a la temperatura más cercana al rango de trabajo de la instalación.	<b>Trimestral</b>
<b>Legionella sp</b>	Según la Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de Legionella.	<b>Mínima Anual</b> Especificar periodicidad según apartado 5 Evaluación del Riesgo. En instalaciones especialmente sensibles tales como hospitales, residencias de ancianos, balnearios, etc. La periodicidad mínima recomendada es semestral. Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección

**Fuente:** Ministerio de Sanidad y Servicios Sociales, España.

En caso de ser necesario, se incluirán otros parámetros para la determinación de la calidad del agua. Todos los procesos se deberán efectuar por personal experimentado y con la instrumentación pertinente que pase por control de calidad, con calibraciones adecuadas y con conocimiento exacto para su manejo y alcance de medida.<sup>18</sup>

Limpieza de los aspersores: Todos los aspersores y difusores deben ser desinfectados anualmente como mínimo. La desinfección puede hacerse periódicamente y de forma rotatoria desmontando todos los mecanismos internos de los aspersores y de los difusores. Se los debe desinfectar sumergiéndolos en una disolución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre durante un periodo de 30 minutos, aclarando posteriormente con agua fría. Es posible utilizar un biocida alternativo autorizado siguiendo las especificaciones del

fabricante. En algunas instalaciones, se puede realizar la desinfección introduciendo en toda la red (a baja presión para que no exista pulverización) una solución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre (u otro biocida alternativo autorizado), dejarla actuar durante 30 minutos y purgar posteriormente esta solución.<sup>18</sup>

En caso de haber un brote, se debe detener el funcionamiento del sistema de riego, posteriormente se procede a llenar todo el circuito con agua que contenga 20 mg/l de cloro residual libre durante 30 minutos manteniendo el pH entre 7 y 8. En caso de que sea necesario, se puede añadir biodispersantes capaces de actuar sobre la biocapa, y/o anticorrosivos compatibles en cantidades adecuadas. Una vez realizada la desinfección la solución desinfectante se neutralizará, se tratará el agua adecuadamente y se conducirá al desagüe, aclarándose el sistema con agua limpia.

Finalmente se desmontan todos los mecanismos internos de aspersores y difusores y desinfectar sumergiéndolos en una disolución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre durante 30 minutos aclarando posteriormente con agua limpia. Los dispositivos exteriores que sean difíciles de desmontar o sumergir, serán cubiertos con un paño limpio impregnado en una disolución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre durante 30 minutos aclarando posteriormente con agua limpia.<sup>18</sup>

## **CAPÍTULO III.**

### **IMPACTO AMBIENTAL EN EL RIEGO POR ASPERSIÓN**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN.**

En los últimos cincuenta años, la humanidad ha progresado con mayor rapidez que en todos los tiempos anteriores. Por lo tanto, se puede observar un aumento en el uso de los recursos naturales; incluso muchas veces hasta el punto en que el ser humano amenaza su medio ambiente y por lo tanto su supervivencia. El fenómeno que ha influenciado en mayor medida es la industria, la cual ha dejado graves secuelas como el aumento en los niveles de dióxido de carbono, entre otros gases de efecto invernadero que produce el conocido calentamiento global, un cambio en el clima, adelgazamiento de la capa de ozono, daño a ecosistemas y aumento de los desiertos.

Debido a estos grandes problemas ambientales que se tienen en la actualidad se está tratando de disminuir el impacto ambiental de algunos procesos industriales. Uno de ellos es el sector de la construcción, el cual nos compete como ingenieros civiles y que está estrechamente ligado a la concepción de desarrollo y progreso de una sociedad, no solo en proyectos inmobiliarios, sino también en proyectos para dar servicios a las personas de una comunidad. De todas maneras este campo también es responsable de deterioros ecológicos de los ecosistemas y de la atmósfera. Por esta razón, todo diseño, proyecto y ejecución de obras debe manejarse dentro de lo que es el "desarrollo sostenible".

Para esto se debe respetar el medio ambiente empezando con un serio compromiso de todo el personal que interviene dentro del proceso constructivo o de funcionamiento de un proyecto civil y buscar alternativas para disminuir todo impacto que pueda suscitar. Con el propósito de cumplir este objetivo es necesario no exceder en la capacidad de recuperación o de absorción de desechos en general. Sin embargo, existe la necesidad de equilibrar el crecimiento económico, con la ecuanimidad social y la administración eficiente del medio ambiente. Este es el camino que tanto países desarrollados como en vías de desarrollo deben adquirir para no tener un impacto ambiental, el cual es un problema global.

En relación al riego, se ha usado agua superficial desde tiempos antiguos, en especial tomando como fuente a los ríos. Por lo tanto los impactos que pueden generar el desarrollo de proyectos civiles en el medio ambiente han tomado un papel protagónico durante los últimos años. En un proyecto de un sistema de riego se puede dar un mal manejo debido a diversos factores, lo cual puede tener consecuencias negativas que dependen especialmente del tipo de riego que se vaya a emplear, las fuentes acuíferas que vayan a estar involucradas, el almacenamiento y transporte de los materiales de construcción, etc.

Además para los proyectos de riego se tiene como principal impacto ambiental el efecto de la saturación de los suelos y la salinización de los mismos, además de la incidencia de enfermedades relacionadas al agua tanto en las plantas como en las personas, la aparición de plagas, la contaminación del agua superficial y subterránea por el uso de biocidas agrícolas y una potencial causa de mayor erosión si no se hace una rotación de cultivos o se siembran especies que deterioran el suelo con mayor facilidad.

Se debe considerar que un proyecto de estas características puede disminuir el caudal disponible aguas abajo del río, para lo que se deben tomar las medidas necesarias para evitar el menor impacto posible. En cuanto al uso de agua freática, el problema reside en que generalmente se utiliza una cantidad mayor de agua de la recuperable, causando una disminución del nivel freático, hundimiento del suelo y disminución de la calidad del agua.

### **3.2. IMPACTO AMBIENTAL.**

Es una alteración significativa del medio ambiente de carácter positivo o negativo. Cuando estas alteraciones son directas, involucran la pérdida parcial o total de un recurso o el deterioro de una variable ambiental, como cuando se contaminan las aguas, se talan los bosques, etc. y cuando son indirectas, inducen o generan otros riesgos sobre el ambiente como la erosión, inundaciones, etc. El enfoque preventivo consiste en identificar y evaluar los impactos ambientales antes de que se produzcan; es decir, previo a la ejecución de cualquier acción humana.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> *Espinosa, Guillermo. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile.*

Para ello existen pasos importantes que se deben considerar en la evaluación, entre los cuales destacan:

- ✓ Definir con exactitud lo que se debe excluir por no ser ambientalmente significativo. También denominado “selección” o “screening”.
- ✓ Definir el alcance que determina los puntos claves que son necesarios examinar en la evaluación. También conocido como “scoping”.
- ✓ Utilizar los métodos respectivos para cada caso, como el análisis de escenarios, los estándares ambientales de tipo preventivo, y el uso de metodologías integradoras.
- ✓ Definir las necesidades de información y de participación ciudadana.

### **3.3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO DE RIEGO.**

La zona del proyecto se caracteriza actualmente por haberse convertido en un importante punto de desarrollo industrial florícola. La cobertura de agua de riego para el sector de la hacienda se creó con el Sistema de Riego El Pisque, aproximadamente en el año de 1945, el cual se ha ido ampliando hasta tener agua de riego permanente y generar cultivos intensivos en campo abierto o en invernadero.

La Hacienda Guadalupe, anexada a la junta de usuarios de El Pisque, presenta un caudal permanente pero debido a no poseer un sistema de riego adecuado tiene varios problemas con relación a la distribución del agua. Durante las épocas de sequía los cultivos no reciben el agua necesaria para su óptimo desarrollo porque no se cuenta con un sistema de almacenamiento y durante las épocas de invierno, la falta de sistemas de reparto y control de agua adecuados generan el desperdicio de este recurso y el estancamiento en el suelo agrícola, con lo cual pueden generarse problemas secundarios en el suelo que afecten los cultivos en su totalidad.

### **3.4. IMPACTO AMBIENTAL EN EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.**

La construcción de cualquier obra civil, para mejorar la calidad de vida de las personas, también origina grandes cambios en el entorno, los cuales pueden tener impactos positivos o negativos.

#### **3.4.1. IMPACTOS POSITIVOS.**

Los impactos positivos por lo general se pueden dar en la etapa de funcionamiento del sistema de riego si se mantienen los controles de calidad necesarios, por ejemplo:

- ✓ Mejoramiento en la calidad de los cultivos para la producción de alimentos.
- ✓ Incremento de la productividad durante de todo el año, sin depender de las condiciones climáticas.
- ✓ Generación de fuentes de trabajo para el sector donde se genere el proyecto, lo cual ayuda a disminuir la migración del campo a las ciudades.
- ✓ Revaloración de las propiedades servidas cercanas al proyecto de riego.
- ✓ Reducción de pérdidas de cultivos por sequías o por mucho riego.
- ✓ Facilidad para manejo del suelo sin inversión de tantas horas de trabajo.

#### **3.4.2. IMPACTOS NEGATIVOS.**

Los impactos ambientales serán los que se generen durante la construcción, en la operación y mantenimiento del sistema de riego. Teniendo en cuenta que no son desventajas para el sistema de riego en sí, si no para su entorno, pero que pueden ser mitigadas con un buen manejo y criterio.

##### *Durante la construcción:*

- ✓ Riesgos laborales de los trabajadores
- ✓ Lugares de almacenamiento de materiales
- ✓ Falta de servicios sanitarios en el campo
- ✓ Transporte de materiales
- ✓ Desechos de escombros

Impactos sobre el aire:

- ✓ Material particulado debido al movimiento de tierra
- ✓ Decibeles altos, ruido, a causa de la maquinaria pesada y los trabajos

Durante el funcionamiento:

- ✓ Falta de limpieza y mantenimiento en los elementos del sistema de riego.
- ✓ Saturación del suelo
- ✓ Humedecimiento y cambio del microclima de la zona
- ✓ Salinización de los suelos debido al tipo de agua.
- ✓ Lixiviación de los nutrientes de los suelos.
- ✓ Aumento de las posibilidades de erosión
- ✓ Movimientos de la población alrededor del proyecto

Impactos sobre el suelo:

- ✓ Hundimientos del suelo por uso de agua freática
- ✓ Contaminación de cultivos por percolación

Impactos sobre el agua:

- ✓ Posible contaminación del agua por desperdicios
- ✓ Impacto en las cuencas hidrográficas de los ríos, en sus caudales y ecosistemas aguas abajo.<sup>20</sup>

### **3.5. PROCESO DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA).**

La evaluación del impacto ambiental es un instrumento para la protección del medio ambiente, el cual está recomendado por varios organismos internacionales. Este proceso está garantizado por la experiencia acumulada en países desarrollados, que lo han incorporado a su sistema jurídico desde hace algunos años. Por lo tanto, se puede decir que esta evaluación es un proceso de advertencia temprana, en especial para los países en vías de desarrollo, los cuales no deberían cometer los mismos errores de los países desarrollados. Este proceso verifica el cumplimiento de las políticas ambientales y evalúa

---

<sup>20</sup> *Mundial, D.d. (2007). Impacto Ambiental Potencial de Proyectos de Riego y Drenaje.*

los impactos tanto negativos como positivos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el medio ambiente, proponiéndose las medidas necesarias de mitigación.<sup>19</sup>

El estudio de impacto ambiental está orientado a un proyecto específico, dependiendo del tipo de obra que se vaya a realizar, los materiales utilizados, procedimientos constructivos, trabajos de mantenimiento en la fase operativa, tecnologías utilizadas, etc. El Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Riego por Aspersión en La Hacienda Guadalupe se basa en la preservación del ambiente, manteniendo una armonía con el desarrollo socioeconómico de la zona, durante y después de la ejecución de las obras civiles.

El impacto ambiental que puede generar el proyecto de riego por aspersión en la Hacienda Guadalupe, el cual incluye pequeñas obras de captación en la junta con el Sistema de Riego El Pisque, la construcción de dos reservorios y el entubamiento de la conducción y la red de distribución, los cuales deberán ser manejados cuidadosamente para evitar impactos ambientales negativos al suelo y a los cultivos. La obra no implicara ningún tipo de daño a la vegetación de la zona debido a que esta ha sido totalmente alterada por medio de la siembra de varios cultivos introducidos

### **3.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS EVALUACIONES DEL IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **3.6.1. NECESIDAD DE UNA EVALUACIÓN.**

Esta evaluación de impacto ambiental es necesaria cuando contribuyen una información para el desarrollo de proyectos cuando el medio ambiente puede sufrir alteraciones importantes, o se le tiene que brindar especial protección, tratando de buscar la mejor alternativa para la ejecución del proyecto.

#### **3.6.2. MANIFESTACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

Los impactos pueden manifestarse, sin estar directamente relacionadas con la superficie afectada, debido a que en poca superficie puede haber una gran alteración, mientras que en

una superficie mayor puede haber menor efecto, los mismos que se pueden generar en forma positiva o negativa, directa o indirecta, acumulativa e induciendo a otros riesgos.

### 3.6.3. PRINCIPALES MECANISMOS DE LA EIA.

- *Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*: es el conjunto de requisitos que se deben cumplir dentro de un proyecto para que un análisis ambiental preventivo sea suficiente, como se lo había explicado anteriormente.
- *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*: es la forma de organización y administración del proceso de EIA según los problemas específicos y sus características, del proyecto que se realice.
- *Estudio de Impacto Ambiental*: son los documentos que sustentan el análisis ambiental preventivo y que proponen las soluciones para poder tomar decisiones de corrección ambientales.<sup>19</sup>

### 3.7. MARCO LEGAL.

Para poder definir la base legal para el proyecto de riego por aspersión, se hace referencia a los aspectos jurídicos relacionados con el manejo ambiental de este tipo de actividades.

#### **De la Constitución Política de la República del Ecuador (2008):**

- ✓ *El artículo 23*, reconoce, entre otros los siguientes derechos civiles: el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; la inviolabilidad del domicilio; el derecho a transitar libremente por el territorio nacional y escoger su residencia; la libertad de empresa y la libertad de trabajo; la libertad de asociación; el derecho a una calidad de vida que asegure la salud, la alimentación y nutrición, agua potable, saneamiento ambiental, educación, trabajo empleo, recreación, vivienda y otros servicios sociales necesarios, el derecho de propiedad en los términos que señala la ley y, la seguridad jurídica.

- ✓ *En los artículos 30, 32 y 33* se consagran el derecho de las personas a la propiedad y a la vivienda y el derecho del Estado para expropiar bienes para fines de orden social.
  
- ✓ *En los artículos del 86 al 91* se establece que es deber del Estado garantizar a la población un medio ambiente sano. Se declara de interés público y se regulará conforme a la Ley: la preservación del medio ambiente, la preservación y recuperación ambiental y el sistema nacional de áreas naturales protegidas. Se consagra además la participación de la comunidad para toda decisión estatal que afecte al medio ambiente. Se señala que el Estado debe tomar medidas orientadas al uso de tecnologías limpias, a estímulos tributarios, a expedir normas ambientales. Se prohíbe la fabricación, tenencia y uso de armas químicas y desechos tóxicos. Se determina la responsabilidad por daños ambientales y se reconoce el derecho de las personas de emprender acciones para la protección ambiental.

**De la Ley de Gestión Ambiental (Julio de 1999):**

- ✓ Para obtener los objetivos determinados en la Constitución Política que reconoce a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; el interés público de la preservación del medioambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; establece un sistema nacional de áreas naturales y protegidas y de esta manera garantiza un desarrollo sustentable, establece la normativa jurídica ambiental y la correspondiente estructura institucional adecuada.
  
- ✓ En la Ley de Gestión Ambiental se establece el ámbito y los principios de la Ley, el régimen institucional de la gestión ambiental: el desarrollo sustentable, la autoridad ambiental, el sistema descentralizado de gestión ambiental, la participación de las instituciones del estado. Determina los instrumentos de Gestión Ambiental en los campos de: la planificación, la evaluación de impacto ambiental y el control ambiental, los mecanismos de participación social, los sistemas de capacitación y difusión. Determina los instrumentos de aplicación de las normas ambientales, establece el

financiamiento para la ejecución de los programas de control y preservación ambiental; En este título se determina que las tasa por vertidos y otros cargos que fijen las municipalidades con fines de protección y conservación ambiental serán administradas por las mismas e invertidos en el mantenimiento y protección ecológica de la jurisdicción en que fueron generados.

- ✓ Determina además los sistemas de protección de los derechos ambientales, las acciones civiles, las acciones administrativas y contenciosas administrativas. Establece una reforma a la Ley de Régimen Municipal en la que determina que las municipalidades de acuerdo a su posibilidades financieras establecerán unidades de gestión ambiental que actuarán temporal o permanentemente y al final del artículo 213 de la Ley de Régimen Municipal determina que se agregue que: Los Municipios y Distritos Metropolitanos efectuarán su planificación siguiendo los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. De la misma manera reforma las Leyes de Régimen Provincial, de Hidrocarburos, de Minería, del sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, La Ley de Tierras Baldías y Colonización, el Código de la Salud, La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.
- ✓ Las instituciones del estado con competencia ambiental forman parte del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. Este sistema constituye el mecanismo de coordinación sectorial, integración y cooperación entre los distintos ámbitos de gestión ambiental y manejo de recursos naturales; subordinado a las disposiciones técnicas de la autoridad ambiental.
- ✓ Establece además un glosario de definiciones para la correcta interpretación y aplicación de la Ley.

**De la Ley de Aguas** (Mayo de 1972, enero de 1973, octubre de 1994):

- ✓ Determina que las aguas de los ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes y las subterráneas afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación. Determina además que son obras de carácter nacional la conservación, preservación e incremento de los recursos hidrológicos.
- ✓ Prohíbe toda contaminación de las aguas que afecten a la salud humana o al desarrollo de la flora o la fauna. A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el ex - INERHI, hoy CRNH, prevendrá en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

**Reglamento para la aplicación de la Ley de Aguas** (Enero de 1973):

- ✓ Para los efectos de aplicación del artículo 22 de la Ley de Aguas se considera como “agua contaminada” toda aquella corriente o no que presente deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida, gaseosa, radioactiva o cualquier otra sustancia y que den por resultado la limitación parcial o total de ellas para el uso doméstico, industrial, agrícola, de pesca, recreativo y otros.
- ✓ Para los fines de la Ley de Aguas, se considera “cambio nocivo” al que se produce por influencia de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, por el depósito de material o cualquier otra acción susceptible de causar o incrementar el grado de deterioro del agua, modificando sus cualidades físicas, químicas o biológicas”.

### **3.8. CALIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.**

Para el proyecto en cuestión se realizó una evaluación del impacto ambiental calificando el proyecto mediante una lista de chequeo y de la matriz de Leopold. Estos métodos son

una manera efectiva y rápida de evaluar el proyecto.<sup>21</sup>

### 3.8.1. LISTA DE CHEQUEO.

Como se puede observar en la siguiente tabla se tiene la clase de riesgo para clasificarla como alto, medio o bajo, verificando cada uno de los parámetros de la lista. El tipo de riesgo con más vistos es el que predomina para el proyecto.

**Tabla 3.1.** Lista de Chequeo para Evaluar la sensibilidad del Proyecto.

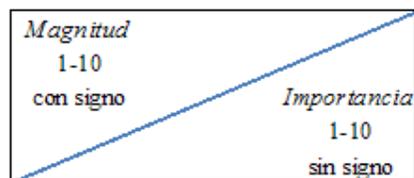
RIESGO				
ALTO		MEDIO		BAJO
Área protegida		Área de amortiguamiento de área protegida		Área intervenida previamente, no localizada en áreas protegidas ni de amortiguamiento
				✓
Índice de biodiversidad		Índice de biodiversidad		Índice de biodiversidad
				✓
Grado de endemismo		Grado de endemismo		Grado de endemismo
				✓
Riesgo de degradación ambiental		Riesgo de degradación ambiental		Riesgo de degradación ambiental
				✓
Terreno con pendiente mayor a 35°		Terreno con pendiente entre 15 y 35°		Terreno con pendiente menor a 15°
				✓
Riesgo sísmico		Riesgo sísmico	✓	Riesgo sísmico
Vulnerabilidad a inundaciones		Vulnerabilidad a inundaciones		Vulnerabilidad a inundaciones
				✓
Vulnerabilidad a deslaves		Vulnerabilidad a deslaves		Vulnerabilidad a deslaves
				✓
Vegetación intervenida		Vegetación intervenida		Vegetación intervenida
				✓
Potencial de erosión		Potencial de erosión	✓	Potencial de erosión
Humedales		Humedales		Humedales
				✓
Vertientes de agua		Vertientes de agua		Vertientes de agua
				✓
Presencia de bosque primario		Presencia de bosque primario		Presencia de bosque primario
				✓
Hábitat de especies en peligro de extinción		Hábitat de especies en peligro de extinción		Hábitat de especies en peligro de extinción
				✓
Zona de interés antropológico		Zona de interés antropológico		Zona de interés antropológico
				✓
Nivel de conflicto social		Nivel de conflicto social	✓	Nivel de conflicto social
Zona con usos alternativos		Zona con usos alternativos		Zona con usos alternativos
				✓
Zona usado para los fines del proyecto		Zona usado para los fines del proyecto		Zona usado para los fines del proyecto
				✓

<sup>21</sup> UNALMED.(n.d.). *Metodologías Para la Identificación y Valoración del Impacto Ambiental.*

### 3.8.1. MATRIZ DE LEOPOLD.

La matriz de Leopold fue desarrollada en 1971 en Estados Unidos. Este método matricial establece un sistema para el análisis de los diversos impactos, con el objetivo de garantizar que los impactos de diversas sean evaluados y considerados en la etapa de inicial del proyecto.<sup>21</sup>

Esta matriz está constituida por un eje horizontal donde se especifican las acciones que causan impacto ambiental y en el eje vertical se ubican las condiciones ambientales que puedan ser afectadas por dichas acciones. En la cada celda donde se encuentren interrelaciones se generan dos calificaciones, la primera correspondiente a la magnitud en una escala del 1 al 10 con signo, la segunda calificación corresponde a la importancia dada en una escala igualmente entre el 1 y el 10, pero sin signo.



Rango	Importancias y Magnitudes
1 a 3	Efectos negativos o positivos bajos.
4 a 7	Efectos negativos o positivos moderados.
8 a 10	Efectos negativos o positivos altos.

Los resultados de la matriz de Leopold se obtienen al sumar de forma horizontal y vertical los productos e importancias, con lo cual se determina cuál es la acción más o menos beneficiosa y cuál es el factor ambiental más o menos afectado en todo el proceso del proyecto que se vaya a desarrollar. Resultados que son de gran ayuda al momento de tomar decisiones ambientales para mejorar la calidad del proyecto y no tener un impacto significativo en la zona intervenida.

**Tabla 3.2.** Matriz de Leopold para el proyecto de La Hacienda Guadalupe.

Factores Ambientales			A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8	
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I
Características físicas y químicas	Tierra	Suelos	-2	1	-2	2	-2	1	-2	1	-1	1	-1	1	-2	2	-1	2
		Forma Terreno	-3	2	-3	2	-2	2	-1	1	-1	1		2	-2	2		
	Agua	Superficial	-1	1	-1	2		2	-2	2	-2	1	-3	2	-1	1	-1	2
		Calidad	-1	1	-2	1		2	-2	2	-2	2	-3	2	-2	2	-2	2
	Atmósfera	Calidad aire	-2	2	-2	2	-2	2	-1	1	-2	2						
	Suelos	Erosión	-2	2	-2	1					-1	1	-3	2	-3	3		
Condiciones Biológicas	Flora		-2	2	-2	2	-2	2	-1	1	-1	1			-1	2		
	Fauna		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			-1	1		
Factores Culturales	Uso de la Tierra	Agricultura					-2	2	-1	1	-1	1	-1	1	2	3	-2	1
		Patrones de vida					-2	2	-1	1	-1	1			2	1	2	2
	Cultural	Salud y seguridad	-1	1	-2	2	-2	2	-1	2	-1	2	-2	1	2	2	2	2
		Empleo	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2			-2	2	2	2
	Actividades humanas	Redes de servicio											2	2	2	2	2	1
Relaciones Biológicas		Salinización										-2	2	-3	3	-1	1	

**Donde:****A1=** Limpieza y desbroce**A2=** Movimiento de tierras para instalaciones**A3=** Transporte de materiales**A4=** Construcción**A5=** Desalojo de escombros**A6=** Captación del agua de riego**A7=** Riego por aspersión en turnos**A8=** Mantenimiento de tuberías y aspersores

Al haber analizado tanto la lista de chequeo como la matriz de Leopold se puede concluir que el proyecto no presenta alteraciones significantes para el medio ambiente. Las más importantes se darán en la fase de construcción, otras alteraciones se pueden dar en la etapa de operación y mantenimiento, debido a un mal manejo del mismo, pero si se tienen los cuidados necesarios se evitarán en gran medida.

### **3.9. MEDIDAS DE MITIGACIÓN.**

Para que los pocos efectos adversos contra el medio ambiente, por efecto de la implementación de un sistema de riego por aspersión, tengan el mínimo impacto se plantean las siguientes medidas de mitigación:

#### Antes de la construcción:

Se debe realizar visitas a La Hacienda Guadalupe para poder conocer la opinión de los moradores de la zona con respecto a las obras de conducción, captación, almacenamiento y red de distribución del sistema, además de concienciar a los usuarios sobre la importancia de dotar de un sistema de riego con la tecnología adecuada para evitar excesos de agua en el suelo que generan saturación y salinización de los mismos. Se tienen que hacer observaciones analíticas sobre el posible impacto en caso de haber algún ecosistema en peligro, como plantas y animales de la zona. En el caso de este proyecto no se encontró posible amenaza puesto que en el área donde se iba a hacer la implantación del sistema de riego no había vegetación además de pastos y tampoco había animales que no pudieran ser removidos a pocos metros del lugar.

#### Durante la construcción:

- ✓ Antes de ejecutar cualquier obra, el contratista está obligado a realizar un plan para controlar el manejo de desperdicios.
- ✓ El área de suelo destinado para cultivo deberá ser cercado para evitar daños en el suelo por parte de los trabajadores que puedan maltratarlos con maquinaria e inclusive con el hecho de caminar sobre el terreno.
- ✓ Además se tiene que cercar las instalaciones por seguridad, para que no se manipulen los equipos.

- ✓ Se debe conservar la vegetación original, en caso de tener que retirar alguna planta se la puede replantar dentro del terreno tomando las medidas necesarias para que se encuentre en buenas condiciones.
- ✓ La tierra que sea removida debe tener un contenido de humedad para que no se disperse con el viento y cree contaminación en el aire. Para esto, se puede colocar sprinklers o rociadores de agua.
- ✓ También se pueden hacer capacitaciones a la comunidad para enseñar el uso adecuado del sistema de riego.

*Durante el funcionamiento:*

- ✓ El contratista está obligado a realizar un plan para controlar la erosión del suelo, tomando en cuenta que la tasa de infiltración debe ser mayor a la tasa de aplicación para que éste no pierda sus cualidades.
- ✓ Se debe regular la aplicación del agua para evitar el riego excesivo y la saturación de los suelos.
- ✓ Se recomienda lavar los suelos periódicamente para la lixiviación de las sales, las cuales dañan la tierra de cultivo.
- ✓ Para no perder los nutrientes por lixiviación se debe evitar un riego excesivo, para esto se debe estudiar previamente sobre los requerimientos que tengan las plantas que se van a sembrar y agregar materia orgánica al suelo o hacer rotaciones a los cultivos.
- ✓ Con respecto al agua, se debe realizar un análisis periódico de su calidad para así evitar usar fuentes de agua que estén contaminadas aguas arriba y a su vez contamine los cultivos. De ser el caso se debe controlar con ayuda de las autoridades pertinentes, las fuentes de contaminación.

## **CAPÍTULO IV.**

### **DATOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO DE RIEGO**

#### **4.1. DATOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO.**

##### **4.1.1. INTRODUCCIÓN.**

Para la obtención de los datos para el estudio y planificación del proyecto de riego de aspersión, el cual se realizará en la Hacienda Guadalupe se recopiló información agrometeorológica e hidrológica en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de las estaciones “Guayllabamba DJ Pisque” y “La Tola”. Primero se analizó el material cartográfico, documentación bibliográfica e información suministrada por las instituciones y organizaciones locales como La Junta General de Usuarios del Sistema de Riego “El Pisque”. Se verificó la existencia de estudios previos de suelos, estudios geológicos, e hidrológicos.

Previo al desarrollo de una investigación sobre el sistema de riego y su implantación, se procedió a hacer un recorrido del terreno, con lo cual se pudo constatar los principales problemas que había en la hacienda. Dentro de las observaciones topográficas y morfológicas, se identificó la presencia de grandes pendientes a los costados de la misma. El proyecto del sistema de riego por aspersión a realizarse en la Hacienda Guadalupe se incorporará a la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego “El Pisque” el cual provee de servicios a aproximadamente 14.000 hectáreas, las cuales conforman el valle de Guayllabamba en la Provincia de Pichincha, incluyendo las parroquias de Otón, Cusubamba, Guayllabamba, Azcazubí, El Quinche, Checa, Yaruquí, Pifo y Puenbo. Por lo tanto la captación de la Hacienda se realizará directamente desde el canal abastecedor de dicho sistema de riego, teniendo su ubicación en la toma No.35 del canal correspondiente al sector de Checa a una altitud de 2.640 msnm.

#### **4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.**

El proyecto de riego para la hacienda Guadalupe se encuentra ubicado en el cantón Quito, parroquia de Checa, provincia de Pichincha.

Las coordenadas de ubicación del proyecto son:

UTM: QV98 Geographical coordinates in degrees minutes seconds (WGS84)

Latitud: 00°08'17.13" S

Longitud: 78°18'23.89" O

#### **4.3. POBLACIÓN Y SITUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA.**

En la cuenca hidrográfica del río Pisque se ha tenido que modificar, entre otros factores, su dinámica, y la incorporación de nuevas formas de producción intensiva, lo cual tuvo un impacto tanto en el medio ambiente como para los pobladores. Al aumentar la población en este sector, se han visto obligados a poblar zonas de más altitud como los páramos, porque físicamente no pueden expandirse hacia otro lado. Normalmente, las familias de las comunidades tienen un terreno pequeño de una a cinco hectáreas, en zonas más bajas y cercanas a la comunidad. Allí se dedican al cultivo de productos agrícolas para su subsistencia.<sup>22</sup>

En las zonas más altas como los páramos, las comunidades se dedican normalmente al pastoreo de su ganado, sobre todo de ganado bovino. Sin embargo, con la creciente presión, se observa un avance hacia el páramo para incrementar el área dedicada a la agricultura. Algunos de los habitantes perciben que el crecimiento de la población es derivado de la actividad florícola, entendiéndolo que la misma es un riesgo para el lugar donde viven. Esta actividad en los últimos años ha pasado a ser eje de desarrollo económico en el cantón y es la causa principal del cambio en la fisonomía del paisaje. Los invernaderos tienen estructuras de madera o metal y poseen plásticos de colores claros como coberturas de los techos. Estas superficies impermeables dan una nueva apariencia al paisaje andino, con modificaciones no sólo de carácter estético sino que también hay

---

<sup>22</sup> *Campo de Ferreras, A.M. (n.d.). Estudio Integrado de la Cuenca del Río Pisque, Cantón Cayambe, Ecuador.*

modificaciones en el medio ambiente físico.<sup>22</sup>

La producción de flores en invernadero está generando mayores exigencias a los anticuados sistemas de riego. Estos nuevos agricultores poseen poder económico y político y acceden al agua más efectivamente que los agricultores menos favorecidos. Manejan y construyen canales para sus propios fines y, lamentablemente, este proceso favorece la inequidad y aumenta las demandas de los recursos hídricos del páramo. Las florícolas ocupan 1.670 m<sup>3</sup>/ha de agua frente a los 17 m<sup>3</sup>/ha que se utilizan en una hacienda de producción tradicional media.<sup>23</sup>

Un segundo eje de desarrollo del sector es la actividad ganadera, aunque se observa una disminución por el crecimiento florícola. Las áreas ganaderas se trasladaron a las partes altas del mismo, debido a que el espacio que ocupaban se dedicó al cultivo de flores para la exportación. La orientación hacia la ganadería ha adquirido relevancia en los últimos años debido a los bajos precios y los problemas en la comercialización de los productos agrícolas.<sup>22</sup>

#### **4.4. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA ACTUAL.**

En el sector de El Pisque, lugar donde se va a desarrollar el sistema de riego, se han generado fuentes de trabajo dentro de los campos de la producción de alimentos, la agroindustria, ganadería y avicultura, lo cual favorece al desarrollo y a mejorar la calidad de vida de muchas familias, quienes a su vez son parte de comunidades ubicadas por donde atraviesa el “Sistema de riego el Pisque” proyecto al cual se unirá la Hacienda Guadalupe para aumentar la producción agrícola y evitar pérdidas en los cultivos durante las épocas de sequía.

En esta zona, miles de hectáreas ubicadas en diferentes pisos climáticos, desde 1800m en las partes bajas hasta los 2650m en las partes altas, con diferentes microclimas han sido propicias para sembrar y cosechar gran variedad de hortalizas, frutales, legumbres, cereales, flores para mercado nacional y exportación, entre otros.

---

<sup>23</sup> Florecal.(n.d.). *Estudio de Impacto Ambiental*.

#### **4.5. INFORMACIÓN DE CAMPO DEL PROYECTO.**

##### **4.5.1. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DEL SECTOR.**

La zona de estudio está ubicada en la Parroquia de Checa, la cual forma parte de la cuenca hidrográfica del río Pisque, localizada 40km al noreste de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, Ecuador. Esta zona está ubicada en un valle interandino a 2.566 metros sobre el nivel del mar, con suelos formados por sedimentos de origen fluvio-volcánicos. Los suelos se caracterizan por ser superficiales o medianamente profundos con texturas arenosas y limo arenosas. En las planicies bajas el nivel de fertilidad es medio y en las zonas más elevadas el nivel de fertilidad es pobre, por lo tanto estas tierras tienen limitaciones para usos agrícolas debido a sus características topográficas y la presencia de cangahua a poca profundidad.<sup>23</sup>

Enfocándose específicamente en el proyecto de riego, se puede decir que el levantamiento topográfico fue proporcionado por la Hacienda Guadalupe, estudio hecho con anterioridad; dichos planos facilitaron la realización del sistema de riego por aspersión y su distribución.

##### **4.5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS.**

Como es de conocimiento general la Serranía Ecuatoriana presenta terrenos irregulares, y las características de sus suelos las hacen aptas para el cultivo agrícola, pues éstos son muy fértiles y facilitan su desarrollo. Concretamente, en el suelo de la Hacienda Guadalupe se realizó un estudio de clasificación manual visual (Norma ASTM D 2488) para la identificación de dicho suelo.

Para el suelo del área del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados del estudio del suelo. (Ver Tabla 4.1.)

**Tabla 4.1.** Características del suelo de la Hacienda Guadalupe.

<b>Características</b>	
Color	Café Claro
Olor	Orgánico
Ensayos realizados con las partículas	Pasan el tamiz No. 40
Resistencia en estado seco	Media
Dilatancia	Lenta
Tenacidad	Media

#### **4.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE LOS CULTIVOS.**

A continuación se muestra un breve estudio de los diferentes tipos de cultivos que son normalmente sembrados en el sector de la Hacienda Guadalupe. Para los cuales se puede implementar, con el ejemplo de este proyecto de riego, un diseño similar del sistema. A estos cultivos se les abastecerá de la suficiente cantidad de agua y de buena calidad dependiendo de la necesidad de cada especie, para una correcta producción.

##### **4.5.3.1. HORTALIZAS.**

Las hortalizas son verduras y legumbres que se cultivan para el consumo del ser humano en huertas. La horticultura en el Ecuador ha crecido paulatinamente a partir de la década de los años 90, debido a que los hábitos alimenticios de la población han cambiado positivamente hacia un mayor consumo de hortalizas en su dieta diaria y a las exportaciones de algunas hortalizas como el brócoli, el espárrago y el palmito; adicionalmente se está desarrollando la industrialización de algunos productos hortícolas, especialmente al mercado externo.<sup>24</sup>

##### **4.5.3.1.1. LECHUGA.**

Es una planta autógama, de cultivo anual, pertenece a la familia *Compositae* y su nombre científico es *Lactuca sativa*. La parte principal son las hojas, en forma de roseta, la

---

<sup>24</sup> *FAO. La Horticultura y la Fruticultura en el Ecuador.*

temperatura para que pueda germinar está alrededor de los 20°C. Durante el periodo de crecimiento del cultivo, es necesario que las temperaturas medias que varíen entre el 14-18°C en el día y de 5-8°C en la noche. La raíz de la lechuga se caracteriza por ser pequeña comparada con las hojas, razón por la cual es muy sensible a la falta de humedad y no se adapta a las sequías, además de ser muy sensible al agua salina.

La humedad relativa ideal para los cultivos de lechuga está entre el 60 y 80%, sin embargo en algunos periodos puede adaptarse a un porcentaje menor, el riego debe ser periódico y no tan copioso para evitar el crecimiento de hongos. Los suelos más adecuados para su desarrollo son los livianos, de tipo arenoso-limosos, de buen drenaje y con un pH entre 6 y 8. Si el suelo es muy ácido se lo puede encalar con calcio y magnesio para aumentar su pH.<sup>25</sup>

#### 4.5.3.1.2. BRÓCOLI.

El brócoli es de la familia de las *Crucíferas*, de la variedad *botrytis* y subvariedad *cymosa Lam.* Es un vegetal duro de la misma familia del repollo, col, col de Bruselas o la coliflor, tiene un alto contenido en vitaminas A y D, por lo tanto se le ha considerado como un súper vegetal debido a sus características nutricionales y prevención contra el cáncer. Se desarrolla mejor en climas templados, que oscilen entre 20 y 24°C; para iniciar la fase floral necesita una temperatura entre 10 y 15°C durante el día.

La planta no se congela a temperaturas cercanas a 0° C, si esta exposición es únicamente por unas pocas horas en el día. Las especies que tienen una pella de color blanco son menos resistentes al frío. En zonas donde las temperaturas bajan abruptamente, se cultivan variedades tardías, para ser cultivadas a finales de invierno o principios de primavera, pero en el Ecuador existe la ventaja de no tener estaciones climáticas fijas y se puede cultivar el brócoli con mayor facilidad. La humedad relativa necesaria está comprendida entre el 60 y 75%.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> INFOAGRO. *El Cultivo de la Lechuga.*

<sup>26</sup> INFOAGRO. *El Cultivo del Brócoli.*

El brócoli necesita suelos neutros o medio ácidos no tan alcalinos y de textura media, con un pH entre 6,5 y 7. No tolera aguas ni suelos con altos contenidos salinos. Para las de variedad temprana los suelos pueden ser ligeros y para las de variedad tardía los suelos deben ser fuertes. El suelo debe estar en un estado perfecto de humedad de tempero, o dicho en otras palabras, en las condiciones necesarias de la tierra para la siembra, para el riego se debe tener en cuenta que tiene que ser copioso y homogéneo en la fase de crecimiento, en la fase de inducción floral y formación de pella, el suelo no debe tener mucha humedad.<sup>26</sup>

#### **4.5.3.1.3. COL.**

La col, también conocida como repollo pertenece a la familia de las *Crucíferas* y se cultiva en climas templados. En Europa, se la consumía para combatir problemas intestinales, pulmonares e incrementar la leche en las madres que daban de lactar. La temperatura mínima para su germinación es de 4.4-35°C. Las temperaturas ambientales propias para su crecimiento y desarrollo son de 15-20°C, con mínimas de 0°C y máximas de 27°C. En cuanto al riego, este debe ser frecuente pero poco copioso, por lo tanto debe haber un buen drenaje en el suelo. La col puede desarrollarse en suelos con contenido de cal, debe estar bien labrado para darle soltura y tener un pH entre 6.5 a 7.<sup>27</sup>

#### **4.5.3.1.4. COLIFLOR.**

La coliflor es una planta de la familia *Cruciferae*, con un periodo anual. Para su desarrollo necesita un clima templado, debido a que es muy sensible a climas muy fríos o muy calientes, por lo tanto esta temperatura debe variar entre 15 a 21°C. Esta hortaliza es una gran fuente de fibra dietética, vitaminas B5 y B6, ácido fólico y minerales como el potasio y el fósforo. Estos cultivos necesitan una humedad abundante, además suelos fértiles con gran cantidad de nitrógeno, porosos y con buen drenaje pero que tengan una buena capacidad de retención de agua y un pH entre el 6.5 y 7. La coliflor necesita más cantidad de agua de riego que el brócoli.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> INFOAGRO. *El Cultivo de la Col y Coliflor.*

### 4.5.3.2. LEGUMBRES.

Las legumbres son como un tipo de fruto de las leguminosas que se abren al finalizar su periodo de maduración, también se los llama vainas debido a su forma. Constituyen un grupo de alimentos muy homogéneo, el cual ha sido consumido por el ser humano desde el tiempo del neolítico. Tienen un alto contenido de proteínas por lo que sirven como sustitutos de la carne animal. Estos cultivos tienen la propiedad de fijar nitrógeno en la tierra, lo cual la fertiliza.<sup>28</sup>

#### 4.5.3.2.1. ALFALFA.

La alfalfa o *Medicago Sativa*, de la familia de las leguminosas, es una planta perenne utilizada como forraje, con un ciclo de vida de entre 5 y 12 años, dependiendo de la variedad utilizada y del clima. Sus raíces se caracterizan por ser profundas, por lo tanto la planta es resistente a las sequías. Este tipo de cultivo necesita de la radiación solar, la cual favorece la técnica del pre secado en campo, para lo cual el Ecuador es un país privilegiado por encontrarse en la línea ecuatorial donde los rayos caen perpendicularmente.

La semilla de la alfalfa germina a temperaturas de 2-3°C. Existen variedades que toleran temperaturas de hasta -10°C. La temperatura media anual está alrededor de los 15°C, con un óptimo de entre 18-28°C. El suelo para esta clase de cultivos no debe ser muy ácido y debe tener pH entre 6.8 y 7.2. El riego se lo debe hacer con cuidado de no utilizar aguas salinas, debido a que es muy sensible y puede producir palidez de tejidos, disminución del tamaño de las hojas y el estancamiento de su crecimiento, además de desequilibrios entre la raíz y la parte aérea de la planta. La alfalfa requiere de suelos profundos y con buen drenaje.<sup>29</sup>

### 4.5.3.3. MAÍZ.

El maíz, también conocido como choclo o elote, es una planta gramínea de periodo anual originaria de América. Es un cereal que tiene muchas variedades y que ha incrementado la producción a nivel mundial, superando inclusive al trigo y el arroz. En la mayor parte de

---

<sup>28</sup> BOTANICAL. *Las Legumbres.*

<sup>29</sup> INFOAGRO. *El Cultivo de la Alfalfa.*

los países de América, el maíz ha constituido en la base de su alimentación desde hace muchos años, siendo uno de los elementos importantes en las culturas mesoamericana y andina.

El maíz necesita una temperatura para su desarrollo de entre 25 a 30°C y radiación solar. Para la germinación la temperatura debe ser entre los 15 a 20°C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de 8°C y máximas de 30°C. El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelo, debido a contar con un sistema radicular muy fuerte que le da un buen soporte, pero de preferencia debe tener un pH entre 6 a 7. Los suelos deben ser profundos, ricos en materia orgánica y con un buen sistema de drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. Los riegos se los debe hacer de forma frecuente, pero para poder madurar la mazorca se debe reducir la cantidad de agua administrada al cultivo.<sup>30</sup>

#### **4.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL TERRENO.**

##### **4.6.1. IMPLANTACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.**

Para poder realizar el diseño de riego por aspersión se trazaron las parcelas de cultivo, los caminos para el paso de maquinaria y de personal. Con ayuda del programa Autocad 2008 y los planos topográficos del terreno de cultivo se calculó el área de cada una de estas parcelas a regar con este sistema. (Ver Anexo 2)

##### **4.6.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A CADA UNA DE LAS PARCELAS.**

Habiendo fijado las dimensiones de las parcelas para el riego, se debe proveer de un sistema de tuberías con tomas de agua a una distancia considerada dependiendo del alcance del aspersor, el cual viene especificado por el fabricante. Para este caso en particular, el espaciamiento de los aspersores se los hizo en forma de un cuadrado, para obtener una mayor uniformidad del riego, teniendo un alcance de los aspersores de 14m de diámetro, se utilizó un espaciamiento entre aspersores igualmente de 14m. (Ver Anexo 3)

---

<sup>30</sup> INFOAGRO. *El Cultivo del Maíz*.

#### **4.6.3. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CONSIDERANDO LOS TURNOS DE RIEGO.**

Para el poder implementar el sistema de riego en las parcelas, se procedió a dividir en cuatro turnos para evitar que la tasa de aplicación sea mayor a la tasa de infiltración en el suelo y evitar dañar los cultivos. Igualmente se debe controlar que haya una superposición de las áreas de riego para tener una superficie mojada de forma homogénea. Con ayuda del programa Autocad se pudo visualizar en un plano la distribución de los aspersores en el terreno a escala. (Ver Anexos 4)

Además por medio del programa WaterCad, programa de modelación hidráulica de sistemas de distribución de agua, se pudo ejemplarizar el cálculo de los caudales y presiones de distribución de agua en cada uno de los aspersores, teniendo en cuenta el nivel en los que se ubica cada uno de ellos con el plano topográfico y longitudes de conducción, estos cálculos se hacen con diferentes valores de consumos de agua de los aspersores, para poder determinar el más óptimo. (Ver Anexos 5).

## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES.**

1. Es importante, para los ingenieros civiles, conocer el sistema de riego debido a que se nos abre nuevas perspectivas de trabajo tomando en cuenta que nuestro país es esencialmente un productor agrícola.
2. Para que se desarrollen de forma adecuada las labores agrícolas es de fundamental importancia tener en cuenta las características del suelo y las condiciones climáticas de la zona donde se va a implantar este sistema de riego.
3. El riego por aspersión es utilizado en un gran porcentaje en el callejón interandino debido a las ventajas que posee, pero se debe recordar en lo posible no regar con vientos ni temperaturas altas para evitar pérdidas por evaporación y arrastre.
4. Los sistemas de riego por aspersión se clasifican en móviles, semifijos, fijos, de ramales desplazables y de aspersores gigantes. Esta amplia gama y variedad ha provocado que en las provincias de la sierra central de nuestro país se formen microempresas de distribución de este tipo de material técnico, abriendo plazas de trabajo en las diferentes fases que se relacionan con la implementación de este sistema de riego.
5. Esta metodología de riego también tiene mucha aplicabilidad en jardines ornamentales en donde se puede utilizar micro aspersores para el riego.
6. Este sistema de riego se puede utilizar en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos muy permeables que requieren riegos frecuentes y poco copiosos. Su eficiencia está en el orden del 80%.

7. Para evitar que la implementación del sistema de riego tenga un impacto negativo con respecto al medio ambiente, durante su fase de construcción se deben respetar la flora y fauna de la zona y reubicarlos dentro de la misma si es necesario, se debe humedecer la tierra para no generar material particulado y retirar todos los desperdicios para no contaminar el suelo o el agua. Durante la fase de funcionamiento se debe hacer un mantenimiento periódico de los elementos de la instalación y controlar la cantidad de riego para no causar daños de saturación en el suelo, además se debe tener cuidado de no regar con aguas salinas.
8. Para realizar este tipo de proyectos se debe hacer un estudio previo de la topografía y clima de la zona, de la situación socio-económica de sus habitantes y de las labores que desempeñan para poder satisfacer sus necesidades.
9. No se debe poner limitaciones innecesarias en el funcionamiento de la red de riego por aspersión, puesto que un intento de ahorro económico al hacer las instalaciones, ya sea disminuyendo el diámetro de las tuberías o aumentando los marcos de riego de los aspersores, pueden condicionar su manejo, de todas maneras la persona o grupo de personas que realizarán el riego deben estar informadas sobre las limitaciones de manejo que pueda tener.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

La recomendación principal es que se apoye este tipo de proyectos debido a que se los puede ejemplarizar y tomar como modelo para otros sectores agrícolas, tomando en cuenta todas las ventajas antes mencionadas que tiene este sistema de riego, que para nuestro país es de gran utilidad puesto que su economía se basa en la producción agrícola. Además se debe tomar en cuenta las recomendaciones descritas en este trabajo sobre el funcionamiento del riego por aspersión.

## BIBLIOGRAFÍA

Alonso, D. (s.f.). *El Riego por Aspersión*. Recuperado el 2011, de <http://legado.inea.org/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/El%20riego%20por%20aspersi%C3%B3n.pdf>.

BOTANICAL. (s.f.). *Las Legumbres*. Recuperado el 2012, de <http://www.botanical-online.com/legumbres.htm>.

Campo de Ferreras, A. M. (s.f.). *Estudio Integrado de la Cuenca del Río Pisque, Cantón Cayambe, Ecuador*. Obtenido de CEPEIGE: [http://www.cepeige.org/Documentos/2003\(5-20\).pdf](http://www.cepeige.org/Documentos/2003(5-20).pdf).

Cánovas, C.J. (1986). *Calidad de las Aguas de Riego*. México.

Castañón, G. (2000). *Ingeniería del Riego: Utilización Racional del Agua*. Madrid: Paraninfo-Thomson Learning.

CEDRU. *Métodos de Riego*. México.

Cisneros Almazán, R. (s.f.). *Apuntes de Riego y Drenaje*. Recuperado el 2011, de <http://ingenieria.uaslp.mx/web2010/Estudiantes/apuntes/Apuntes%20de%20Riego%20y%20Drenaje%20v.2.pdf>.

Clasa, Grupo. (1994). *Civilizaciones Americanas y el Reencuentro de 2 Mundos*. Cultura Librería Americana.

ECLAC, CEPAL-Comisión Económica para América Latina. (2003). *Agua, Agricultura de Riego y Medio Ambiente*. Recuperado el 2011, de [http://www.eclac.cl/drni/proyectos/samtac/actividades\\_nacionales/chile/1/p1.pdf](http://www.eclac.cl/drni/proyectos/samtac/actividades_nacionales/chile/1/p1.pdf).

España, MSC. (s.f.). *Riego por Aspersión en el Medio Urbano*. Recuperado el 2011, de [http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/10\\_leg.pdf](http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/10_leg.pdf)

Espinosa, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago.

Esquivel, M. (2010). *Código de Hammurabi*. Recuperado el 2011, de <http://mariana-esquivel.blogspot.com/2010/01/codigo-de-hammurabi.html>

FAO. (s.f.). *La Horticultura y la Fruticultura en el Ecuador*. Recuperado el 2012, de [www.fao.org/ag/agn/pfl\\_report\\_en/\\_.../Importancereport.doc](http://www.fao.org/ag/agn/pfl_report_en/_.../Importancereport.doc).

Fierro Benitez, R. (1994). *Los Enemigos Invisibles en la Conquista de América*. Recuperado en Septiembre de 2011, de [http://www.interciencia.org/v19\\_05/ensayo02.html](http://www.interciencia.org/v19_05/ensayo02.html).

Floreca. (s.f.). *Estudio de Impacto Ambiental*. Recuperado el 2012, de <http://www.floreca.com/fileadmin/media/documentos/eia-ex-post-floreca.pdf>

García Borrajero, N. (2010, Octubre). *Breve Cronología del Conocimiento Científico-Técnico*. Recuperado el 2011, de <http://www.eumed.net/rev/cccss/10/nhgb.htm>.

INFOAGRO. (s.f.). *El Cultivo de la Lechuga*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

INEGI-Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía de México. (1974). Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>

León Peláez, J. D. (s.f.). *Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo*. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/4017/evaluacion%20del%20impacto%20ambiental%20de%20proyectos%20de%20desarrollo.pdf>

Mundial, D. d. (2007). *Impacto Ambiental Potencial de Proyectos de Riego y Drenaje*. Recuperado el 2012, de [www.camaraconstruccionquito.ec/index.php?option](http://www.camaraconstruccionquito.ec/index.php?option)

Ormazábal Araya, A. (s.f.). *Fitomonitoreo y Fertirrigación*. Recuperado el 2011, de [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/M-N-O/OrmazabalAlberto0000.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/M-N-O/OrmazabalAlberto0000.pdf)

Santos Pereira, L., de Juan Valero, J. A., Pirconell Buendía, M.R., y Tarjuelo, J.M. (2010). *El Riego y Sus Tecnologías (Vol. I)*. España: Europa-América.

Silva, M. *Manual de Riego y Drenaje*. Quito: Universidad Central del Ecuador-Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas.

Sullivan, P. (2007). *El Manejo Sostenible de Suelos*. ATTRA. Recuperado de <http://www.attra.ncat.org/espanol/pdf/suelos.pdf>

Susudel. (2008). *Plan de Desarrollo Parroquial*. Recuperado de <http://www.susudel.gob.ec/Pdf/PDP-Susudel.pdf>

UNALMED. (s.f.). *Metodologías Para la Evaluación y Valoración del Impacto Ambiental*. Obtenido de [http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregrado/Oct\\_26/Cap%EDtulo%20Libro%20m%E9todos%20valoraci%F3n%20EIA.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Oct_26/Cap%EDtulo%20Libro%20m%E9todos%20valoraci%F3n%20EIA.pdf)

USON. (s.f.). *Evapotranspiración*. Recuperado el 2011, de <http://www.geologia.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/ARCHIVOS/EVAP.htm>.

Viteri Díaz, G. (2007). *Reforma Agraria del Ecuador*. Recuperado de <http://www.eumed.net/libros/2007b/298/>

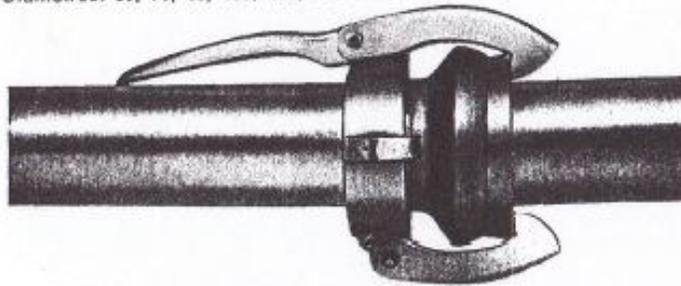
**ANEXO 1.1.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

**Tubos de acoplamiento rápido-Perrot y piezas de unión (surtido) con acoplamiento articulado Cardan, tipo KSKR**

Fácil conexión, rápida aspiración e impulsión, para presiones de servicio hasta 10 atmósferas (atü). ligero a toda prueba, fácil de desmontar. Servicio seguro para las conducciones de agua limpia, aguas residuales y abonos líquidos así como para aire comprimido, gas y carburantes.

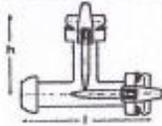
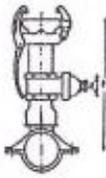
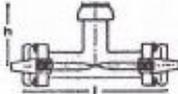
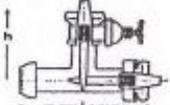
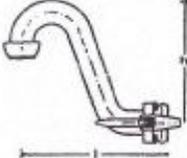
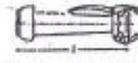
Material: Tubo de acero ligero galvanizado.

Diametros: 50, 70, 89, 133, 159, 216 mm.

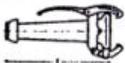
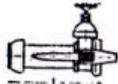
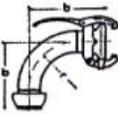


Largo	Medidas y contraseña de pedido	Largo	Medidas y contraseña de pedido
normal 6 m	KSKR 50/S KSKR 70/S KSKR 89/S KSKR 108/S KSKR 133 KSKR 159	por bajo de lo normal 3 m	KSKR 50/3/S KSKR 70/3/S KSKR 89/3/S KSKR 108/3/S KSKR 133/3 KSKR 159/3
por bajo de lo normal 5 m	KSKR 50/5/S KSKR 70/5/S KSKR 89/5/S KSKR 108/5/S KSKR 133/5 KSKR 159/5	por bajo de lo normal 2 m	KSKR 50/2/S KSKR 70/2/S KSKR 89/2/S KSKR 108/2/S KSKR 133/2 KSKR 159/2
por bajo de lo normal 4 m	KSKR 50/4/S KSKR 70/4/S KSKR 89/4/S KSKR 108/4/S KSKR 133/4 KSKR 159/4	por bajo de lo normal 1 m	KSKR 50/1/S KSKR 70/1/S KSKR 89/1/S KSKR 108/1/S KSKR 133/1 KSKR 159/1

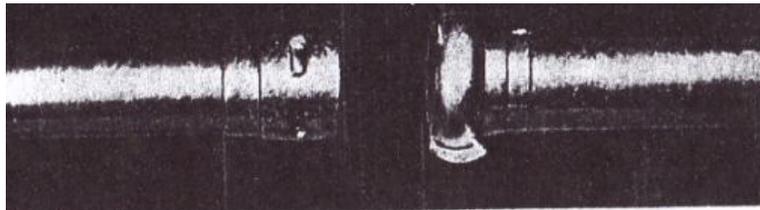
**ANEXO 1.2.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

Designación	Figura	Tipo	Contraseña de pedido	Medidas
		Pieza Cardan en T de derivación Tipo KT		
KT 50 x 50		KT 108 x 89		
KT 70 x 50		KT 108 x 108		
KT 89 x 50		KT 133 x 108		
KT 70 x 70		KT 159 x 108		
KT 89 x 70		KT 133 x 133		
KT 108 x 70		KT 159 x 133		
KT 89 x 89		KT 159 x 159		
		Pieza con borne Cardan en T con válvula Tipo ATK x P		
ATK 70 x P 50		ATK 89 x P 89		
ATK 89 x P 50		ATK 108 x P 89		
ATK 108 x P 50		ATK 133 x P 89		
ATK 70 x P 70		ATK 159 x P 89		
ATK 89 x P 70		ATK 108 x P 108		
ATK 108 x P 70		ATK 133 x P 108		
ATK 133 x P 70		ATK 159 x P 108		
ATK 159 x P 70				
		Pieza Cardan en T Distribuidor Tipo KTV		
KTV 50 x 50		KTV 108 x 108		
KTV 70 x 50		KTV 133 x 108		
KTV 70 x 70		KTV 133 x 133		
KTV 89 x 70		KTV 159 x 133		
KTV 89 x 89		KTV 159 x 159		
KTV 108 x 89				
		Pieza Cardan en T con Válvula Tipo KT x P		
KT 70 x P 50		KT 89 x P 89		
KT 89 x P 50		KT 108 x P 89		
KT 108 x P 50		KT 133 x P 89		
KT 70 x P 70		KT 159 x P 89		
KT 89 x P 70		KT 108 x P 108		
KT 108 x P 70		KT 133 x P 108		
KT 133 x P 70		KT 159 x P 108		
KT 159 x P 70				
		Cuello de Cisne Cardan (indicar altura en el pedido) Tipo KRDB		
KRDB 50 x 50		KRDB 108 x 108		
KRDB 50 x 70		KRDB 108 x 133		
KRDB 70 x 70		KRDB 108 x 159		
KRDB 70 x 89		KRDB 133 x 133		
KRDB 89 x 89		KRDB 133 x 159		
KRDB 89 x 108		KRDB 159 x 159		
KRDB 89 x 133				
		Pieza reductora Cardan Tipo KKMGV		
KKMGV 70 x 50				
KKMGV 89 x 70				
KKMGV 108 x 89				
KKMGV 133 x 108				
KKMGV 159 x 133				

**ANEXO 1.3.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

Designación	Figura	Tipo	Contraseña de pedido	Medidas
 <b>Pieza Cardan de alargamiento</b> Tipo KGMKV KGMKV 50 x 70 KGMKV 70 x 89 KGMKV 70 x 108 KGMKV 89 x 108 KGMKV 89 x 133 KGMKV 108 x 133 KGMKV 89 x 159 KGMKV 133 x 159			<b>Pieza Cardan M en negro, para acoplar y soldar (Palanca galvanizada)</b>  Tipo KKM KKM 50            KKM 108 KKM 70            KKM 133 KKM 89            KKM 159	
 <b>Corredera extensora Cardan</b> Tipo KZA KZA 50            KZA 108 KZA 70            KZA 133 KZA 89            KZA 159			<b>Soporte Cardan para tubos y accesorios</b>  Tipo KRS KRS 50            KRS 108 KRS 70            KRS 133 KRS 89            KRS 159	
<b>Codo Cardan de: 90, 60, 45, 30</b> Tipo KRKB  KRKB 50 KRKB 70 KRKB 89 KRKB 108 KRKB 133 KRKB 159			<b>Junta anular Cardan de goma, normal</b>  Tipo KKG KKG 50            KKG 108 KKG 70            KKG 133 KKG 89            KKG 159	
 <b>Acoplamiento terminal Cardan en V</b> Tipo KXV KXV 50            KXV 108 KXV 70            KXV 133 KXV 89            KXV 159			<b>Bridas para conexión de aspersores. Rosca:</b> interior = 1/2", exterior = 1"  Tipo SLK KLK 32/JA        KLK 63/JA KKL 37/JA        KKL 70/JA KKL 50/JA        KKL 89/JA KKL 51/JA	
 <b>Pieza Cardan, negra, para acoplar y soldar</b> Tipo KKV KKV 50            KKV 108 KKV 70            KKV 133 KKV 89            KKV 159				

**ANEXO 1.4.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**



**Tubos de acoplamiento rápido y accesorios Perrot,  
 con enchufe-acoplamiento gamma, tipo GSKRA**

La particularidad de este acoplamiento rápido radica en el hecho de que la unión es sencilla y resulta un conjunto estable, firme y elástico. Igualmente resulta fácil su desmontaje.  
 Material: Acoplamientos y accesorios de chapa de acero galvanizado; tubos de aluminio.



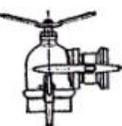
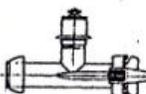
Contraseña de pedido y medidas	◀ sin tubuladura de aspersor ▶ con	Contraseña de pedido y medidas
GSKRA 50 GSKRA 70 GSKRA 89	Largo normal 6 m (en estado acoplado)	GSKRAS 50 GSKRAS 70 GSKRAS 89
GSKRA 50/5 GSKRA 70/5 GSKRA 89/5	por bajo de lo normal 5 m	GSKRAS 50/5 GSKRAS 70/5 GSKRAS 89/5
GSKRA 50/4 GSKRA 70/4 GSKRA 89/4	por bajo de lo normal 4 m	GSKRAS 50/4 GSKRAS 70/4 GSKRAS 89/4
GSKRA 50/3 GSKRA 70/3 GSKRA 89/3	por bajo de lo normal 3 m	GSKRAS 50/3 GSKRAS 70/3 GSKRAS 89/3
GSKRA 50/2 GSKRA 70/2 GSKRA 89/2	por bajo de lo normal 1 m	GSKRAS 50/2 GSKRAS 70/2 GSKRAS 89/2
GSKRA 50/1 GSKRA 70/1 GSKRA 89/1	por bajo de lo normal 2 m	GSKRAS 50/1 GSKRAS 70/1 GSKRAS 89/1

**ANEXO 1.5.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

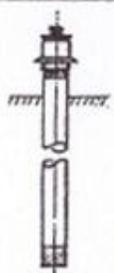
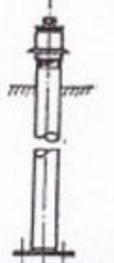
Designación	Figura	Tipo	Contraseña de pedido	Medidas
<b>Pieza Gamma bifurcadora en T</b>		<b>Tipo GT</b> GT 50 x 50 GT 70 x 50 GT 89 x 50 GT 70 x 70 GT 89 x 70 GT 89 x 89		
<b>Pieza distribuidora Gamma en T</b>		<b>Tipo GTV</b> GTV 50 x 50 GTV 70 x 50 GTV 70 x 70 GTV 89 x 70 GTV 89 x 89		
<b>Pieza Gamma en T con pasador y tubo de salida Cardan</b>		<b>Tipo GTX x P</b> GTK 70 x P 50 GTK 89 x P 50 GTK 70 x P 70 GTK 89 x P 70 GTK 89 x P 89		
<b>Pieza fijadora Gamma en T con pasador</b>		<b>Tipo ATK x P</b> ATK 70 x P 50 ATK 89 x P 50 ATK 108 x P 50 ATK 70 x P 70 ATK 89 x P 70 ATK 108 x P 70 ATK 133 x P 70 ATK 159 x P 70 ATK 89 x P 89 ATK 108 x P 89 ATK 133 x P 89 ATK 159 x P 89		
			<b>Cuello de cisne de acoplamiento a presión. Extremo superior con acoplamiento Cardan en V con soporte.</b> (indicar la altura al pedirlo)	<b>Tipo GRDB</b> GRDB 50 x 50 GRDB 50 x 70 GRDB 70 x 70 GRDB 70 x 89 GRDB 89 x 89
			<b>Pieza reductora Gamma con soporte</b>	<b>Tipo GKMGV</b> GKMGV 70 x 50 GKMGV 89 x 70
			<b>Pieza de alargamiento Gamma con soporte</b>	<b>Tipo GG MKV</b> GG MKV 50 x 70 GG MKV 70 x 89
			<b>Codo Gamma de: 90, 60, 45, 30</b>	<b>Tipo GRKB</b> GRKB 50 GRKB 70 GRKB 89
			<b>Codo Gamma de: 90, 60, 45, 30, con pieza Cardan en V</b>	GRKBK 50 GRKBK 70 GRKBK 89
			<b>Tipo GRKBK</b>	
			<b>Pieza reductora especial Gamma con pieza Cardan en V y soporte</b>	<b>Tipo GRVK</b> GRVK 108 x 39

**ANEXO 1.6.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

**Hidrante de riego Perrot con piezas de unión**

Designación	Figura	Contraseña de pedido	Dimensiones medidas mm	
Parte baja de boquilla galvanizada para soldar		HUX 1	med. 1	97 mm Ø
Parte baja de la boquilla, galvanizada, con rosca interior 3"		HUY 1	med. 1	97 mm Ø
Pieza superior (Aluminio fundido) con paso superior en M tipo Cardan.		HOK 1 x 70	med. 1	Salida 70
La misma, con paso inferior en M, tipo Cardan		HOK 1 x 89		89
		HOK 1 x 108		108
		HOKL 1 x 70		70
		HOKL 1 x 89		89
		HOKL 1 x 108		108
Pieza Cardan en T con boquilla inferior		KT 89 x HUY 1	Paso	Salida med. 1
		KT 108 x HUY 1	89	med. 1
		KT 133 x HUY 1	108	med. 1
		KT 159 x HUY 1	133	med. 1
			159	med. 1
Brida fijadora, con boquilla en la parte baja		AT 89 x HUY 1	Paso	Salida med. 1
		AT 108 x HUY 1	89	med. 1
		AT 133 x HUY 1	108	med. 1
		AT 159 x HUY 1	133	med. 1
			159	med. 1

**ANEXO 1.7.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

Designación	Figura	Contraseña de pedido	Dimensiones	
<p>Parte inferior boquilla en el tubo, con unión roscada 3". Largo 80 cm (normal), tubo vertical negro</p>		SG 89 x HUY 1	Paso 89 (3")	Salida med. 1
<p>Parte baja a boquilla en tubo vertical con brida NW 80 ND 10. Largo 80 cm (normal), tubo vertical negro</p>		SF 89 x HUY 1	Paso 89 (3")	med. 1



**ANEXO 1.8.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

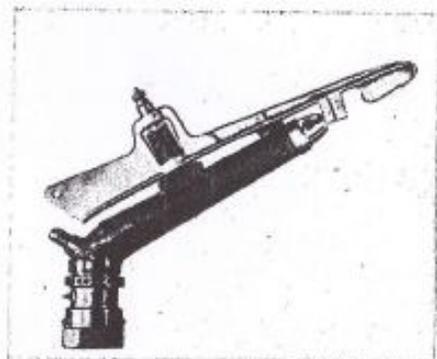


**Datos de servicio del  
 aspersor circular para gran  
 superficie: Perrot ZO 30  
 (dos toberas)**

Unión 3" I.G.

Tobera princip. Φ	Tobera secund. Φ	Presión en el aspers. atū	Alcance m	Consumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia racional entre los aspersores		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluviometría mm/h.	
					□ Disp.	△ Disp.	□ Disp.	△ Disp.	□ Disp.	▽ Disp.
22	6	4	38,7	35,0	48/48	54/60	2304	3240	15,19	10,80
		5	41,3	39,5	48/54	60/60	2592	3600	15,24	10,97
		6	43,9	44,0	54/54	60/60	2916	3600	15,10	12,22
23	6	4	39,3	38,0	48/54	54/60	2592	3240	14,66	11,73
		5	41,8	42,88	54/54	60/60	2916	3600	14,68	11,89
		6	44,4	47,5	54/60	60/66	3240	3960	14,66	11,99
24	6	4	39,9	40,5	48/54	54/60	2592	3240	15,63	12,50
		5	42,3	46,0	54/54	60/60	2916	3600	15,78	12,78
		6	44,8	51,2	54/60	60/66	3240	3960	15,80	12,93
25	7	4	40,7	45,3	48/54	54/60	2592	3240	17,48	13,98
		5	42,2	51,0	54/54	60/60	2916	3600	17,49	14,17
		6	45,6	56,1	54/60	66/66	4240	4356	17,31	12,88
26	7	4	41,5	48,0	48/54	60/60	2592	3600	18,52	13,33
		5	44,0	53,7	54/54	60/66	2916	3960	18,42	13,56
		6	46,3	58,0	54/60	66/66	3240	4356	18,21	13,54
27	8	4	42,3	52,2	54/54	60/60	2916	3600	17,90	14,50
		5	44,7	58,8	54/60	60/66	3240	3960	18,15	14,85
		6	47,0	64,8	60/60	66/66	3600	4356	17,94	14,83
28	8	4	43,1	56,0	54/54	60/66	2916	3960	19,20	14,14
		5	45,4	62,5	54/60	66/66	3240	4356	19,29	14,35
		6	47,8	68,7	60/60	66/72	3600	4752	19,08	14,46
29	8	4	43,7	60,0	54/54	60/66	2916	3960	20,58	15,15
		5	46,5	67,3	54/60	66/66	3240	4356	20,77	15,45
		6	48,5	74,6	60/60	66/72	3600	4752	20,72	15,70
30	8	4	44,5	64,0	54/60	60/66	3240	3960	19,75	16,16
		5	46,8	80,0	60/60	66/66	3600	4356	20,15	16,64
		6	49,2	72,5	60/60	72/72	3600	5184	22,22	15,43

**ANEXO 1.9.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**



**Datos de servicio  
 del aspersor  
 circular lento  
 Perrot para gran  
 superficie  
 ZN 30 D  
 (dos toberas)**

Unión 2 1/2" I.G.

Tobera princip. Ø mm	tobera secund. Ø mm	Presión atú	Alcance m	Consumo de agua m³/h	Distancia racinal de los aspersores		Superficie regada		Pluvio- metría	
					□ Dis. m	△ Dis. m	□ Dis. m²	△ Dis. m²	□ Dis. mm/h	△ Dis. mm/h
14	6	3	28,5	15,21	36/36	42/42	1296	1764	11,7	8,6
		4	32,0	17,56	36/36	42/42	1296	1764	13,6	10,0
		5	34,0	19,64	42/42	48/48	1764	2304	11,1	8,5
16	6	3	31,5	19,13	36/36	42/42	1296	1764	14,8	10,9
		4	34,5	22,12	42/42	48/48	1764	2304	12,6	9,6
		5	37,0	24,72	42/42	54/54	1764	2916	14,0	8,5
18	6	3	33,0	23,71	42/42	48/48	1764	2304	13,5	10,3
		4	37,0	27,38	42/42	54/54	1764	2916	15,5	9,4
		5	39,0	30,59	48/48	54/54	2304	2916	13,3	10,5
20	7	3	35,0	30,07	42/42	48/48	1764	2304	17,1	13,1
		4	38,0	34,93	48/48	54/54	2304	2916	15,2	12,0
		5	41,0	38,76	48/48	60/60	2304	3600	16,8	10,8
22	7	3	36,0	35,12	42/42	48/48	1764	2304	19,9	15,2
		4	40,0	40,53	48/48	54/54	2304	2916	17,6	13,9
		5	43,5	45,26	48/48	60/60	2304	3600	19,7	12,6

**ANEXO 1.10.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

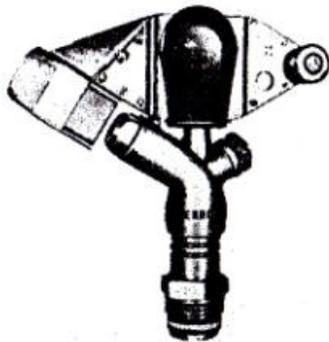


**Datos de servicio del  
 aspersor circular  
 Perrot ZL 22**

(tres toberas)

Toberas Ø mm	Pre- sión atü	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia ra- cional de los aspersores		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluvio- metrica mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	▽ Dis.
10x5,5 x4,5	4,5	25	12,0	30x30	35x30	900	1050	13,3	11,4
	5,0	25,5	12,7					14,1	12,0
	5,5	26	13,4					14,8	12,7
11x5,5 x4,5	4,5	26	13,7	30x30	37x32	900	1148	15,2	11,5
	5,0	27	14,4					16	12,1
	5,5	27,7	15,2					16,8	12,8
12,5x5,5 x4,5	4,5	27	16,5	36x36	40x35	1296	1400	12,7	11,7
	5,5	29,5	18,3					14,1	13,0
	6,5	31	20,0					15,4	14,2
13,5x5,5 x4,5	4,5	30	18,6	36x36	42x36	1296	1512	14,3	12,3
	5,5	31	20,6					15,8	13,6
	6,5	31,5	22,4					17,2	14,8
14,5x5,5 x4,5	4,5	31	20,7	36x36	44x38	1296	1672	15,9	12,3
	5,5	32	23,0					17,7	13,7
	6,5	33	25,0					19,2	14,9
16x5,5 x4,5	5,5	32,5	27,0	36x36	46x40	1296	1840	20,3	14,6
	6,3	33,5	29,0					22,3	15,7
	7,0	34,5	30,4					23,4	16,5
17,5x5,5 x4,5	5,5	34	31,0	42x42	48x41	1764	1968	15,5	15,7
	6,3	35,5	33,2					18,5	16,8
	7,0	37	35,0					20,9	17,7

**ANEXO 1.11.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

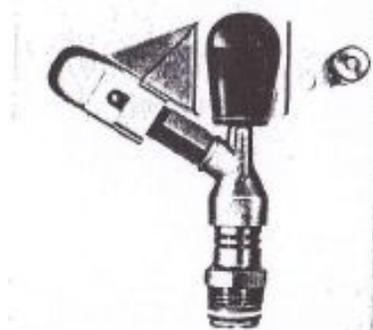


**Datos de servicio del  
 aspersor de fuerza  
 media y  
 circular-Perrot, ZK 30**

Unión 1" A. G.

Aber- tura de la tobera mm	Presión en el asper- sor atū	Al- cance m	Consu- mo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia racional de los as- persores m		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluvio- metria mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.
8	3,0	20	4,21	24x24	30x24	576	720	7,3	5,8
	3,5	20,5	4,55	24x24	30x30	576	900	7,9	5,1
	4,0	21	4,86	24x24	30x30	576	900	8,5	5,4
	4,5	22	5,16	24x24	30x30	576	900	9,0	5,7
9	3,0	21	5,33	24x24	30x30	576	900	9,2	5,9
	3,5	21,5	5,76	24x24	30x30	576	900	10,0	6,4
	4,5	22	6,16	24x24	30x30	576	900	10,7	6,6
	4,5	23	6,53	24x24	36x30	576	1080	11,3	6,0
10	3,0	21,5	6,58	24x24	30x30	576	900	11,4	7,3
	3,5	22	7,11	24x24	30x30	576	900	12,3	7,9
	4,0	23	7,60	30x30	36x30	900	1080	8,4	7,0
	4,5	24	8,06	30x30	36x30	900	1080	9,0	7,4
11	3,0	22	7,96	24x24	30x30	576	900	13,8	8,9
	3,5	23	8,60	30x30	36x30	900	1080	9,6	8,0
	4,0	24	9,20	30x30	36x30	900	1080	10,2	8,5
	4,0	25	9,76	30x30	36x30	900	1296	10,9	7,5

**ANEXO 1.12.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

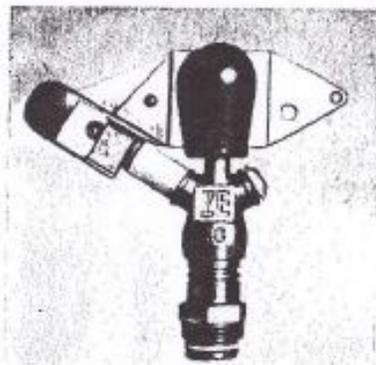


**Datos de servicio del  
 aspersor  
 circular-Perrot ZF 30**

Unión 1" A. G.

Aber- tura de la tobera mm	Pre- sión en el aspersor atú	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia ra- cional de los aspersores		Superficie regada		Pluviome- tria	
				□ Dis. m	△ Dis. m	□ Dis. m <sup>2</sup>	△ Dis. m <sup>2</sup>	□ Dis. mm/h	△ Dis. mm/h
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,09	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	19	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	19,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	5,2

**ANEXO 1.13.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**



**Datos de servicio del  
 aspersor  
 circular-Perrot ZE 30  
 una tobera**

(Se envía también como  
 circular y de marcha invertida:  
 ZE 30 W)  
 Unión 1" A.G.

Aber- tura de la tobera mm	Pre- sión en el asper- sor atú	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia ra- cional de los aspersores m		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluviome- tria mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.
4,2	2,5	13,0	1,04	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,14	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,23	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16,0	1,32	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,5	2,5	14,0	1,20	12/18	18/18	216	324	5,55	3,70
	3,0	14,25	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,28
	3,5	14,75	1,42	18/18	18/24	324	432	4,36	3,05
	4,0	15,25	1,52	18/18	18/24	324	432	4,69	3,51
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	324	432	4,25	3,19
	3,0	14,75	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,49
	3,5	15,0	1,63	18/18	18/24	324	432	5,03	3,77
	4,0	15,5	1,75	18/18	18/24	216	432	5,40	4,05
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	324	432	4,58	3,42
	3,0	14,75	1,63	18/18	18/24	324	432	5,03	3,77
	3,5	16,0	1,76	18/18	24/24	432	576	5,43	3,05
	4,0	16,25	1,88	18/24	24/24	216	576	4,35	3,26

**ANEXO 1.14.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

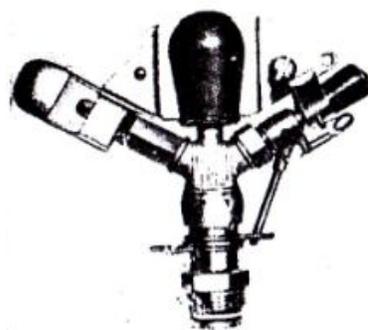
**Datos de servicio del aspersor circular-Perrot ZE 30 (una tobera) viene de la pagina anterior**

Conexión 1" A.G.

Aber- tura de la tobera mm	Pre- sión en el asper- sor atü	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h.	Distancia ra- cional de los aspersores m		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluviome- tria mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.
5,5	2,5	15,25	1,82	18/18	18/24	324	432	5,61	4,21
	3,0	16,0	1,99	18/18	24/24	432	576	6,14	3,45
	3,5	16,5	2,14	18/24	24/24	432	576	4,97	3,71
	4,0	17,0	2,29	18/24	24/24	216	576	5,30	3,97
6,0	2,5	16,25	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	16,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,48	4,11
	3,5	17,25	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,44
	4,0	17,75	2,74	18/24	24/24	432	576	6,34	4,75
7,0	2,5	17,0	2,95	18/18	24/24	324	576	9,1	5,1
	3,0	17,5	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,0	3,48	18/24	24/24	432	576	8,1	6,0
	4,0	18,5	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	5,2

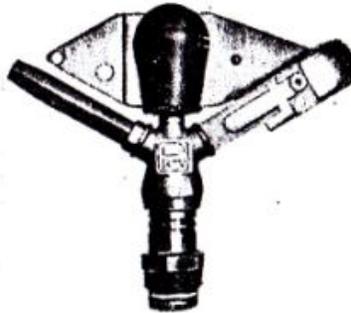
**Tipo ZE 30 W (una tobera)**

aspersor circular y de marcha  
invertida



**Tipo ZE 30 D (dos toberas)**

aspersor circular.  
Datos de servicio, ver esta  
pagina arriba.



**ANEXO 1.15.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

**Datos de servicio del aspersor circular-Perrot: ZE 30**  
**(dos toberas)**

Unión 1" A.G.

Aber- tura de la tobera mm	Pre- sión en el asper- sor atú	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia ra- cional de los aspersores m		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluviome- tria mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.
4,5/4,8	2,5	14,75	2,6	18/18	18/24	324	432	8,02	6,01
	3,0	15,5	2,84	18/18	18/24	324	432	8,76	6,57
	3,5	16,0	3,07	18/18	24/24	324	576	9,47	5,32
4,5/5,5	2,5	15,0	3,04	18/18	18/24	324	432	9,38	7,03
	3,0	16,0	3,32	18/18	24/24	324	576	10,24	5,76
	3,5	16,5	3,59	18/24	24/24	432	576	8,31	6,23
4,8/4,8	2,5	15,75	2,76	18/18	24/24	324	576	8,51	4,79
	3,0	16,5	3,02	18/24	24/24	432	576	8,99	5,24
	3,5	17,0	3,26	18/24	24/24	432	576	7,54	5,65
4,8/5,5	2,5	16,25	3,2	18/24	24/24	432	576	7,4	5,55
	3,0	16,75	3,5	18/24	24/24	432	576	8,1	6,07
	3,5	16,85	3,78	18/24	24/24	432	576	8,75	6,56
5,5/5,5	4,0	17,0	4,05	18/24	24/24	432	576	9,37	7,03
	2,0	14,5	3,24	18/18	18/24	324	432	10,0	7,50
	2,5	15,0	3,64	18/18	18/24	324	432	11,23	8,42
6,0/6,5	3,0	16,0	3,98	18/18	24/24	324	576	12,26	6,90
	3,5	16,5	4,3	18/24	24/24	432	576	9,95	7,46
	4,0	17,0	4,6	18/24	24/24	432	576	10,64	7,98
6,0/7,5	3,0	17,0	5,14	18/24	24/24	432	576	11,89	8,92
	3,5	17,5	5,56	18/24	24/24	432	576	12,67	9,65
	4,0	18,0	5,94	18/24	24/24	432	576	13,75	10,3
6,0/8,5	4,5	18,5	6,3	24/24	24/30	576	720	10,93	8,75
	3,0	17,7	6,06	18/24	24/24	432	576	11,37	10,5
	3,5	18,5	6,55	24/24	24/30	576	720	14,02	9,09
6,0/9,5	4,0	19,0	7,0	24/24	24/30	576	720	12,15	9,72
	4,5	19,5	7,43	24/24	24/30	576	720	12,89	10,3

**ANEXO 1.16.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

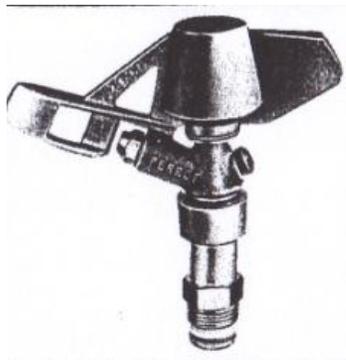


**Datos de servicio  
del aspersor circular  
lento Perrot  
LKA 30/2**

Unión 1" A.G.

Aber- tura de la tobera mm	Pre- sión en el asper- sor atü	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia ra- cional de los aspersores m		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluviome- tria mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	▽ Dis.	□ Dis.	△ Dis.
4,2	3,0	15,6	1,14	18/18	18/24	324	432	3,52	2,64
	3,5	16,1	1,23	18/18	18/24	324	432	3,80	2,85
	4,0	16,6	1,32	18/24	24/24	432	576	3,05	2,29
	4,5	16,7	1,39	18/24	24/24	432	576	3,21	2,41
4,5	2,5	14,8	1,20	18/18	18/24	324	432	3,71	2,78
	3,0	15,7	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,4	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17,0	1,52	18/24	24/24	432	576	3,52	2,64
5,0	4,5	17,1	1,61	18/24	24/24	432	576	3,73	2,79
	2,5	15,0	1,48	18/18	18/24	324	432	4,57	3,43
	3,0	16,0	1,63	18/18	18/24	324	432	5,04	3,77
	3,5	16,7	1,76	18/24	24/24	432	576	4,08	3,05
5,5	4,0	17,3	1,88	18/24	24/24	432	576	4,35	3,26
	2,5	15,0	1,82	18/18	18/24	324	432	5,62	4,22
	3,0	16,6	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,3	2,14	18/24	24/24	432	576	4,95	3,71
6,0	4,0	17,8	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	4,48
	2,5	16,8	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,6	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	17,9	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
7,0	4,0	18,1	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
	2,5	18,5	2,86	24/24	24/30	576	720	5,13	4,12
	3,0	19,4	3,14	24/24	24/30	576	720	5,58	4,48
	3,5	20,1	3,48	24/24	24/30	576	720	6,04	4,84
7,0	4,0	20,6	3,73	24/24	30/30	576	900	6,48	4,14

**ANEXO 1.17.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**



**Datos de servicio del  
 aspersor  
 circular-Perrot ZB 22  
 (una tobera)**

Unión 3/4" A.G.

Presión en el aspersor atü	Abertura de la tobera mm									
	4,2 φ		4,8 φ		5,2 φ		6,0 φ		7,0 φ	
	W	Q	W	Q	W	Q	W	Q	W	Q
2,5	14,5	1,04	15,4	1,32	—	—	—	—	—	—
3,0	15,0	1,15	15,8	1,46	16,0	1,80	—	—	—	—
3,5	15,5	1,22	16,2	1,56	16,4	1,90	16,7	2,34	17,0	2,98
4,0	16,0	1,3	16,6	1,72	16,8	2,02	17,3	2,50	17,5	3,18
4,5	—	—	17,2	1,80	17,2	2,16	17,7	2,64	18,0	3,38
5,0	—	—	—	—	17,5	2,26	18,2	2,78	18,2	3,58
5,5	—	—	—	—	—	—	18,5	2,90	18,5	3,76
6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	19,0	3,94

Explicación: W = Alcance

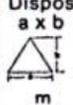
Q = Consumo de agua m<sup>3</sup>/h.

**ANEXO 1.18.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**

**Datos de servicio  
del aspersor  
circular-Perrot  
ZB 22 D  
(dos toberas)**



Unión 1/4" A.G.

Aber- tura de la tobera mm	Presión en el aspersor atü	Alcance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Pluviometría para la ejecución combinada			Dispos. a x b  m
				12 x 18 m mm/h	18 x 18 m mm/h	Δ mm/h	
4,2/2,4	2,5	14,5	1,42	6,6	4,4	4,1	20 x 17
	3,0	15,0	1,55	7,2	4,8	4,5	
	3,5	15,5	1,66	7,7	5,1	4,8	
	4,0	16,4	1,78	8,2	5,5	5,2	
4,8/2,4	2,5	15,4	1,7	7,9	5,2	4,5	21 x 18
	3,0	15,8	1,86	8,6	5,7	4,9	
	3,5	16,2	2,0	9,3	6,2	5,3	
	4,0	16,6	2,2	10,2	6,8	5,8	
	4,5	17,2	2,32			6,1	
5,2/2,4	2,5	15,6	2,0	5,2	6,2		22 x 19
	3,0	16,0	2,2	10,2	6,8	5,2	
	3,5	16,4	2,34	11,0	7,2	5,6	
	4,0	16,8	2,5	11,6	7,7	6,0	
	4,5	17,2	4,5			6,3	
5,0	17,5	5,0			6,6		
6,0/2,4	3,5	16,7	2,78			6,0	23 x 20
	4,0	17,3	2,98			6,4	
	4,5	17,7	3,14			6,8	
	5,0	18,2	3,3			7,1	
	5,5	18,5	3,45			7,5	
7,0/2,4	3,5	17,0	3,42			7,4	23 x 20
	4,0	17,5	3,66			8,0	
	4,5	18,0	3,88			8,4	
	5,0	18,2	4,1			8,9	
	5,5	18,5	4,3			9,3	
	6,0	19,0	4,5			9,8	

**ANEXO 1.19.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**



**Datos de servicio de  
los aspersores  
circulares-Perrot  
ZA 30, ZA 30 D y ZA 6**

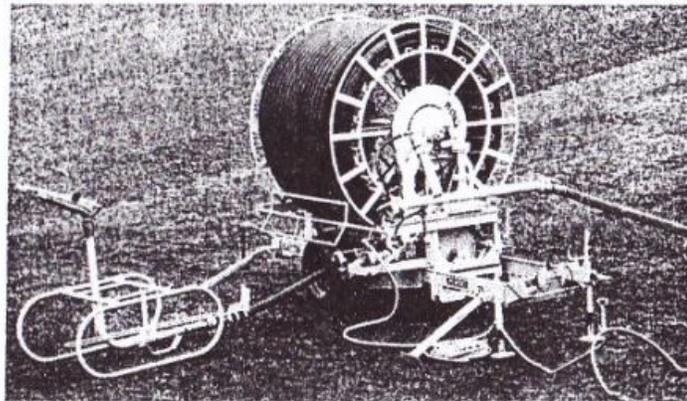
Unión 1/2" A.G.

Aber- tura de la tobera mm	Pre- sión en el asper- sor atū	Al- cance m	Con- sumo de agua m <sup>3</sup> /h	Distancia ra- cional de los aspersores m		Superficie regada m <sup>2</sup>		Pluviome- tria mm/h	
				□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.	□ Dis.	△ Dis.
<b>ZA 30, una tobera: 3,8</b>	1,0	10,0	0,57	12/12	12/12	144	144	3,95	3,95
	1,5	10,6	0,68	12/12	12/18	144	216	4,72	3,15
	2,0	11,3	0,78	12/12	12/18	144	216	5,42	3,61
	2,5	11,9	0,87	12/12	12/18	144	216	6,04	4,02
	3,0	12,2	0,96	12/18	18/18	216	324	4,44	2,96
	3,5	12,4	1,04	12/10	18/18	216	324	4,82	3,21
<b>ZA 30 D dos toberas 3,8/3,8</b>	1,0	10,0	1,11	12/12	12/12	144	144	7,71	7,71
	1,5	10,8	1,33	12/12	12/18	144	216	9,24	6,16
	2,0	11,9	1,53	12/12	12/18	144	216	10,62	7,08
	2,5	12,6	1,71	12/18	18/18	216	324	7,92	5,28
	3,0	13,1	1,88	12/18	18/18	216	324	8,71	5,81
	3,5	13,2	2,03	18/18	18/18	324	324	6,26	6,26
<b>ZA 6, una tobera: 3,8</b>	1,0	5,0	0,57	6/6	6/6	36	36	15,82	18,90
	1,5	6,0	0,68	6/6	6/6	36	36	18,90	15,82
	2,0	6,9	0,78	6/12	6/12	72	72	10,83	10,83
	2,5	7,6	0,87	6/12	6/12	72	72	12,07	12,07
	3,0	8,1	0,96	6/12	12/12	72	144	13,34	6,67
	3,5	8,4	1,04	6/12	12/12	72	144	14,40	7,22

## ANEXO 1.20.

### SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

#### DETALLE DEL SISTEMA

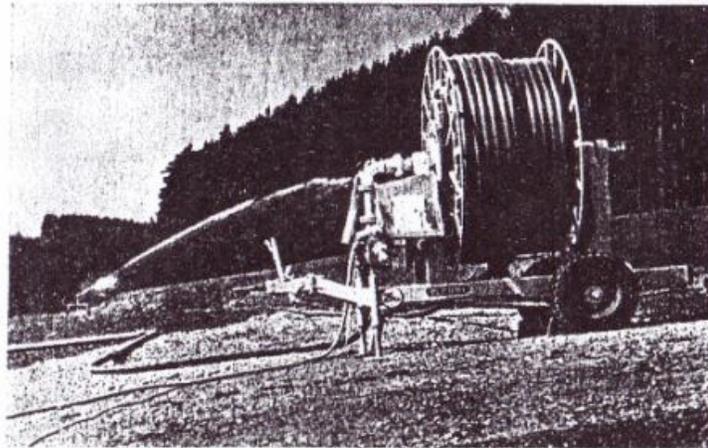


**Datos de servicio**

Rollomat Tipo	110/270	90/320	75/370
Longitud del tubo en rolletinos PE tipo PN 10 DIN 8074 en m	270	320	370
Dámetro y espesor en mm.	110x10	90x8,2	75x6,8
Longitud máxima de trabajo en m *	310	355	400
Aspersor circular y de sector para grandes superficies. tipo	ZO 30 W	ZN 30 W	ZN 30 W
Ø de la tubería en mm.	26 27 28 29 30 31 32	16 17 18 19 20 21 22	14 15 16 17 18
Presión en la tubería: Kg/cm <sup>2</sup>	5 5 5,5 5,5 6 6 6	5 5 5,5 5,5 6 6 6	4,5 5 5 5,5 6
Consumo de agua: m <sup>3</sup> /h.	57 62 70 75 83 89 95	22 25 29 32 37 41 45	16 19 22 26 30
Alcance del aspersor: aprox. m	45 46 47 48 49 50 51	37 38 40 41 43 44 45	33 36 37 39 41
Pérdidas de presión en el Rollomat: Kg/cm <sup>2</sup> .	1,5 1,7 2,2 2,5 3,2 3,5 4	0,8 1 1,3 1,5 2 2,5 3,5	1,5 2 2,5 3,5 4
Presión de entrada al Rollomat: Kg/cm <sup>2</sup>	6,5 6,7 7,7 8 9,2 9,5 10	5,8 6 6,8 7 8 8,5 9,5	6 7 7,5 9 9
Anchura de riego útil: 85% del diámetro del círculo regado	76 78 80 82 83 85 87	63 65 68 70 73 75 77	56 61 63 67 70
Máxima superficie regada en una sola posición: Ha	2,312,372,442,512,552,812,762,792,762,362,452,572,652,722,212,422,502,672,80		
Dotación de riego por cada 4 h posición (aprox.) mm.			
	6 h		
	9 h	22 24 26 27 29 31 32	
	12 h	30 31 34 36 39 41 42	12 13 15 16 17 18 20 9 9 10 12 13
	15 h	37 39 43 45 49 51 53	15 16 18 20 21 23 25 11 12 13 15 16
	18 h	44 47 52 54 58 61	18 20 22 24 26 28 30 13 14 16 18 19
	21 h	52 55 60 63 66	21 23 25 27 30 32 35 15 16 18 20 22
	24 h	60 63 68	24 26 29 31 34 37 40 17 19 21 23 26
Intensidad de Riego: mm/h	ca. 17	ca. 10	ca. 9

\*Incluye el tubo + 25% del agua + el aspersor

**ANEXO 1.21.**  
**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**  
**DETALLE DEL SISTEMA**



**Datos de servicio**

Rollomat Tipo	75/270					63/320					75/320								
Longitud del tubo en polietileno PE duro PN 10 DN 8074 en m.	270					320					320								
Diámetro y espesor en mm.	75 x 6,8					63 x 5,7					75 x 6,8								
Longitud máxima de trabajo en m.	300					350					350								
Aspersor circular y de sector para grandes superficies, tipo	ZN 30 W					ZL 22 W					ZN 30 W								
Ø de la tobera en mm.	15	16	17	18	19	20	10*	11*	12.5*	13.5*	14	15	14	15	16	17	18	19	
Presión en la tobera Kgf/cm <sup>2</sup>	5	5	5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6	6	5,5	6	5	5	5	5	5,5	5,5	
Consumo de agua: m <sup>3</sup> /h.	19	22	25	29	32	36	11	14	17	20	17	20	17	19	22	25	29	32	
Alcance del aspersor: aprox. m.	36	37	38	40	41	42	26	28	30	31	35	37	34	36	37	38	40	41	
Pérdidas de presión en el Rollomat: Kgf/cm <sup>2</sup> .	1,4	1,8	2,3	3	3,6	4,5	1,5	2,2	3	4	3	4	1,4	1,7	2,2	2,8	3,6	4,3	
Presión de entrada al Rollomat: Kgf/cm <sup>2</sup> .	6,4	6,8	7,3	8,5	9,1	10	6,5	7,7	9	10	8,5	10	6,4	6,7	7,2	7,8	9,1	9,8	
Anchura de riego útil: 85% del diámetro del círculo regado.	61	63	65	68	70	72	44	48	51	53	60	63	58	61	63	65	68	70	
Máxima superficie regada en una sola posición: Ha.	1,61	1,8	1,94	2,04	2,10	2,17	1,49	1,64	1,78	1,82	2,08	2,19	2,0	2,19	2,28	2,36	2,45		
Duración de riego por cada 4 h posición (aprox.): mm.	4	5	5	6	6	7							3	3	4	4	5	5	
Duración del riego.	6 h	6	7	8	9	9	10	4	5	6	7	5	5	5	6	7	7	8	
	9 h	9	10	12	13	14	15	7	8	9	10	7	8	8	9	10	11	12	
	12 h	13	14	15	17	18	20	9	10	12	13	10	11	10	11	12	13	15	16
	15 h	16	18	19	21	23	25	11	13	14	16	12	14	13	13	15	16	18	20
	18 h							13	15	17	20	15	16	15	16	18	20	22	23
21 h													18	19	21	23	26	27	
24 h														20	21	24	26	29	31
Intensidad de lluvia: mm/h.	ca. 9					ca. 10					ca. 8								

**ANEXO 2.**  
**DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL TERRENO**  
**IMPLANTACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO**

**ANEXO 3.****DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL TERRENO  
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA A CADA UNA DE LAS  
PARCELAS**

**ANEXOS 4.**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL TERRENO**

**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CONSIDERANDO LOS**

**TURNOS DE RIEGO**

**ANEXOS 5.****DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL TERRENO  
EJEMPLARIZACIÓN DEL CÁLCULO DE LOS CAUDALES Y  
PRESIONES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN CADA UNO DE LOS  
ASPERSORES**