No.

República Dominicana
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Fundación Sur Futuro

Proyecto de Manejo Sostenible en las Cuencas Altas de la Presa de Sabana Yegua en la República Dominicana

Manual Técnico de Agricultura Bajo Riego Sencillo

Marzo del 2010

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Japan Forest Technology Association (JAFTA)

GED
CR(10)
10-050

República Dominicana
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Fundación Sur Futuro

Proyecto de Manejo Sostenible en las Cuencas Altas de la Presa de Sabana Yegua en la República Dominicana

Manual Técnico de Agricultura Bajo Riego Sencillo

Marzo del 2010

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Japan Forest Technology Association (JAFTA)

I N D I C E

INTRODUCCIÓN 0-1
1. PROCEDIMIENTOS DE INTRODUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO 1-1
1.1 Lineamiento de introducción de la agricultura bajo riego sencillo 1-1
1.2 Procedimiento de introducción del sistema de riego sencillo 1-7
1.2.1 Procedimiento general para introducción 1-7
1.2.2 Procedimiento Relativo al Diseño 1-9
2. ESTUDIO DE FUENTE DE AGUA 2-1
2.1 Descripción del Estudio Sobre la Fuente de Agua 2-1
2.2 Medición del Caudal de la Fuente de Agua 2-2
2.2.1 Métodos de medición del caudal con el flotador 2-2
2.2.2 Método de Medición de Caudal con el Uso de Recipiente 2-6
2.3 Selección de las Rutas de Tubería 2-7
3. SELECCIÓN DE PARCELAS AGRÍCOLAS PARA RIEGO 3-1
3.1 Criterio de selección sobre área de bajo riego 3-1
3.2 Observación de suelo 3-3
4. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA Y TIPOS DE FACILIDADES DE RIEGO 4-1
4.1 Definición y Procedimiento de Cálculo del Volumen de Agua para Riego 4-1
4.2 Procedimiento del Cálculo de la Cantidad de Agua para Riego 4-2
4.3 Cálculo del Consumo Diario de Agua 4-3
4.3.1 Descripción de la Bandeja Evaporimétrica Clase A 4-3
4.3.2 Método de Cálculo del Consumo Diario de Agua, Utilizando la Bandeja Evaporimétrica Clase A 4-4
4.4 Selección de los Métodos de Riego 4-5
4.4.1 Tipo de Facilidades de Riego 4-6
4.4.2 Selección de los Equipos de Riego 4-6
5. DISEÑO HIDRÁULICO DE RIEGO 5-1
5.1 Diseño de las Tuberías 5-1
5.1.1 Factores del Cálculo Hidráulico 5-1
5.1.2 Cálculo Hidráulico de la Línea de Tubería 5-3
5.2 Posición y Construcción de Instalaciones de Tubería 5-10

INFORMACIÓN DE REFERENCIA A-1
Influencia de condiciones externas sobre la cantidad de consumo diario de agua A-1

INTRODUCCIÓN

En el Estudio de Desarrollo que antecedía a este Proyecto, se formuló un Plan Maestro de manejo de cuencas hidrográficas con participación comunitaria tomando como objeto las áreas arriba de la presa de Sabana Yegua. Después de finalizar dicho estudio, el Gobierno Dominicano, conciente de la importancia de realizar un buen manejo de dichas cuencas, aprobó asegurar un presupuesto necesario para la ejecución del referido Plan Maestro y designó la Fundación Sur Futuro como institución ejecutora para una parte de las actividades contempladas en el referido Plan Maestro. Este Proyecto, denominado, "Proyecto de Manejo Sostenible en las Cuencas Altas de la Presa de Sabana Yegua en la República Dominicana", tiene como objetivo elevar tanto la capacidad técnica para manejo de cuenca como la capacidad administrativa de proyecto por parte de los entes relacionados.

En el Plan Maestro que se elaboró en el Estudio de Desarrollo, el sistema de riego sencillo es una infraestructura propuesta por los comunitarios con alta prioridad. En la realización de este Proyecto, la agricultura bajo riego sencillo se ha venido introduciendo junto con la agroforestería como una medida para que los comunitarios abandonen la quema agrícola (agricultura migratoria), que es una causa importante de reducción y degradación de los bosques, y practiquen la agricultura sostenible. Por otro lado, los beneficiarios de la agricultura bajo riego sencillo están de acuerdo de participar en las actividades de reforestación y de control de incendios forestales. De este sentido, la agricultura bajo riego sencillo se considera como actividad de incentivo.

En el presente Proyecto, se introdujeron cuatro sistemas de riego sencillo durante cuatro años de su ejecución, seleccionando las comunidades de alto potencial y aplicando el método participativo. Este manual técnico de riego sencillo se elaboró ordenando las experiencias e informaciones obtenidas mediante las actividades relacionadas a la introducción de agricultura bajo riego sencillo, suponiendo que la Fundación Sur Futuro y otras instituciones que apoyen a las comunidades, lo utilicen en otros proyectos posteriores en los que se introduzcan sistema de riego sencillo a través de método participativo.

Este manual técnico consiste en los siguientes temas:

(1) Procedimientos de introducción de sistema de riego
(2) Estudio de fuente de agua
(3) Selección de parcelas agrícolas para riego
(4) Cálculo del volumen de agua y tipos de facilidades de riego
(5) Diseño hidráulico de riego

En la sección (1), se menciona el concepto básico y el procedimiento de introducción de sistema de riego, y posteriormente en las secciones (2) a (5) se darán explicaciones generales de las técnicas básicas necesarias pata la introducción de riego sencillo. Al preparar este manual técnico, se pretendió describir los puntos importantes de manera simple y concreta a lo posible, para que éste sea utilizado con facilidad.

1. PROCEDIMIENTOS DE INTRODUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO

1.1 Lineamiento de introducción de la agricultura bajo riego sencillo

En este Proyecto, la introducción de agricultura bajo riego sencillo se realizó de acuerdo al lineamiento descrito a continuación:

Ítems	Descripciones
(1) Objetivos de la agricultura bajo riego sencillo en el Proyecto	Se introducirá la agricultura bajo riego sencillo como actividad de incentivo para los habitantes beneficiarios, con el fin de lograr los siguientes objetivos: a. Mejorar el nivel de vida de los habitantes locales: Incorporar los cultivos para comercialización, además de los de subsistencia mediante la producción agrícola durante todo el año, mejoramiento de la productividad y diversificación de productos. b. Recuperación de recursos forestales: A cambio de la incorporación en el sistema sencillo de riego, se fomentarán la reforestación. el abandono de la práctica de quema y la prohibición de la tala de árboles, con el propósito de recuperar recursos forestales. c. Manejo adecuado de cuencas hidrográficas: A cambio de la incorporación en el sistema de riego sencillo, se fomentarán la reforestación y el abandono de la práctica de quema a fin de incrementar las áreas de bosques y en consecuencia, aumentar la capacidad de retención de agua. Se realizarán actividades de prevención contra incendios forestales. d. Fortalecimiento de organizaciones comunitarias: Los productores que serán incorporados en el sistema de riego sencillo serán organizados. Se conformarán .asociaciones de agricultura bajo riego, los cuales dirigirán actividades de manejo agrícola, manejo de agua, mantenimiento de facilidades de riego, actividades continuas para la recuperación de recursos forestales y manejo de cuencas hidrográficas.
(2) Deberes y responsabilidades asumidos por los participantes (comunitarios)	a. Reembolsar en cinco años el monto correspondiente al costo de materiales (el monto total se distribuye proporcionalmente conforme a las superficies de parcelas de cada productor.) b. Ofrecer sin costo los terrenos para instalación de tanque y tubería c. Reforestar una determinada extensión: se reforestará una extensión 3 veces mayor que el área en la que se haya instalado el sistema de riego, priorizando las áreas que requieren la reforestación tales como fuente de agua, área de conservación, entre otras d. Abandonar la práctica de quema agrícola e. Organizar y administrar asociaciones de riego f. Ofrecer la manos de obra voluntaria para las labores relacionadas a la agricultura bajo riego sencillo

Ítems	Descripciones
	g. Conformar las brigadas contra incendios forestales, participar en entrenamientos y vigilancia de incendios forestales
(3) Consenso social	a. Trámite relacionado al derecho del uso de agua (entregar los documentos necesarios al INDRHI, que es la institución responsable de manejo de fuentes de agua) b. Obtención de acuerdo de propietarios de los terrenos por donde pasarán las tuberías de agua - Obtener el permiso de manera gratuita
(4) Aspectos básicos de la agricultura bajo riego sencillo (formulación de modelos)	a. Tecnologías Aplicadas ・ Fuente: Arroyos y Ríos Se construirán tanques de depósito de agua (de concreto) que tendrá funciones reguladoras cerca de las fuentes de agua. Según necesidad, se construirán también represas sencillas (canasta de gavión, concreto, etc.) ・ Tuberías de agua: red de tuberías (por regla básica, tuberías enterradas), principalmente las tuberías de PVC (Cloruro de Polivinilo), en algunos lugares, se emplearán las tuberías de polietileno. Para atravesar un arroyo, se instalarán postes de concreto como sostén de la tubería de riego colgante. ・ Tanque de depósito de agua：Se instalarán tanques de depósito de agua para regulación de agua de riego, cerca de las parcelas seleccionadas. Estos tanques serán instalados en los lugares más altos que las parcelas. Básicamente, serán hechos de concreto. También se analizará la posibilidad de construir un reservorio de agua, colocando plásticos de polietilenos en el fondo, si se encuentra un lugar adecuado. ・ Facilidades de riego a nivel parcelario: Según el tipo de cultivos y condiciones de uso del sistema de riego, se seleccionará el sistema de riego más apropiado entre micro- mini aspersor, sistema de riego por goteo, riego de manguera con múltiples orificios, etc. Se debe tomar en cuenta diseñar un sistema de riego que permita controlar el uso de agua a nivel parcelario. ・ Patrón de cultivo: Los principales cultivos son hortalizas y frutales. En los terrenos pedregosos se cultivarán principalmente frutales. Los técnicos recomendarán los productos que serán destinados principalmente para la comercialización, y los productores seleccionarán definitivamente. b. Parcelas objeto para instalación de sistemas de riego ・ Básicamente, la extensión máxima por productor será de 10 tareas y un total de 300 tareas por comunidad. (en caso de este Proyecto). ・ Los expertos recomendarán las parcelas que poseen las condiciones más apropiadas para practicar los patrones de cultivo recomendados por el

Ítems	Descripciones
	Proyecto. Los productores se encargarán de preparar los terrenos, con la libertad de tomar prestado los terrenos de otros dueños. El número de productores que participarán en el Proyecto no será limitado siempre y cuando no pase de la máxima extensión total por comunidad establecida anteriormente. También se analizará reducir la extensión de terrenos para realizar las actividades del Proyecto dependiendo del número de manos de obra disponibles por productor o productores. ・ Las parcelas cercanas se organizarán en bloques en busca de mayor eficiencia de distribución de agua.
(5) Creación de asociaciones de riego sencillo	Los productores que se incorporarán en el sistema de riego sencillo, deben ser miembro de la asociación de riego que se creará. El contenido detallado del estatuto de la asociación de riego será definido mediante la consulta y discusión entre los miembros. Los principales ítems del estatuto se describen a continuación: a. Objetivo y funciones de la asociación de riego b. Rol de la directiva y procedimiento de elección de los directivos c. Realización de asamblea general d. Requisitos de ser miembro y sus roles e. Modalidad de administración de la organización Establecimiento de reglamentos, frecuencia de reuniones, estructuración de la asociación
(6) Concepto del "Fondo Rotatorio"	El plazo de reembolso será de 5 años, y se establecen dos años de gracia. El monto a pagar será el costo total de materiales, más 7% de interés anual.
(7) Procedimiento de la introducción y sistema de ejecución (los detalles están descritos en la sección 1.2)	a. Formulación de modelos del sistema de riego sencillo: Fundación Sur Futuro y el equipo de estudio de la JICA: b. Estudio de campo y selección de las comunidades a donde se introuducirán sistemas de riego sencillo: Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA: ・ Condiciones topográficas: ubicación de las fuentes de agua, confirmación del caudal en la época seca, rutas de tuberías de agua, ubicación y extensión de parcelas a las que se pueda introducir el sistema de riego sencillo, existencia o no de las áreas reforestadas. ・ Condiciones sociales－Nivel de comprensión o percepción de los habitantes sobre el Proyecto (participación comunitaria en las actividades de reforestación, promoción del abandono de quema, prevención de incendios forestales), existencia o ausencia de líderes locales, disposición e interés de los habitantes locales en riego, experiencias del cultivo de hortalizas y frutales. ・ Conjuntamente con los contrapartes se determinó el orden de prioridad

Ítems	Descripciones
	de las comunidades y se iniciaron actividades con la finalidcad de contar con la aprobación de habitantes locales. c. Estudio de Administración Agrícola: Fundación Sur Futuro y Equipo de expertos de JICA ・Investigar los siguientes ítems relacionados a la situación de administración agrícola en las comunidades seleccionadas: Destinos de productos agrícolas (intermediarios, mercados; precios de venta por cultivo) Medios y costos de transportación de productos agrícolas Renglones que se cultivan en las comunidades seleccionadas. d. Diseño básico：Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA ・Verificar la ubicación de las fuentes de agua, distancia desde la fuente y las parcelas. ・Selección de parcelas candidatas para introducir sistemas de riego sencillo. ・Determinar el perfil general del sistema de riego sencillo a introducirse. ・Estimar el costo de construcción. e. Formación de consenso comunitario (1) : Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA i. Explicación sobre el objetivo y perfil general del Proyecto ・Objetivo: Motivar a habitantes y comundades objeto a participar en las actividades de reforestación y preservación ambiental, así como abandonar la práctica de quema. ・Creación de .asociaciones de riego y participación de carácter obligatorio. ・Obligación de reembolsar el fondo rotatorio. ・Explicación general sobre la agricultura bajo riego. ii. Visita a zonas más avanzadas. iii. Verificar el consentimiento del productor sobre su participación en el Proyecto. f. Formación del consenso (2): Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA i. Explicación más detallada sobre agricultura bajo riego ・Explicación sobre administración agrícola: cultivos recomendables, labores agrícolas y métodos de comercialización. ・Métodos de utilización de las facilidades de riego: métodos de operación y manejo de las facilidades, riego bajo sistema de rotación (turnos, tiempo, volumen de agua, etc.) ・Condiciones favorables para introducir la agricultura bajo riego

Ítems	Descripciones
	- Explicación sobre la textura de suelo. Se sugerirá formar bloques de varias parcelas. ii. Estudio sobre consciencia de los productores con relación a la administración agrícola: ・Número de manos de obra disponibles (familiares y jornaleros) ・Renglones que desean cultivar. iii. Obtención y Distribución de Parcelas ・Los contrapartes y expertos analizarán conjuntamente las parcelas con mejores condiciones para la agricultura bajo riego y si es necesario, marcar las parcelas candidatas. ・Se sostendrán reuniones entre los participantes para acordar la distribución y utilización de las parcelas. g. Estudio de suelo: Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA, subcontratación de empresas locales. ・Estudio de la sección del suelo: Los expertos japoneses y contrapartes realizarán el estudio del suelo.y tomarán los datos. ・Estudio de nutrientes del suelo (Muestreo en varios puntos en una parcela), estudio de humedad del suelo (Muestreo en varios puntos en una parcela)□Subcontratación de una empresa local. h. Agrimensura: Subcontrar a agrimensores. ・Levantamiento longitudinal：Medir la distancia de conducción de agua desde la fuente hasta el tanque de depósito. ・Planimetría：Verificar las condiciones de las parcelas conjuntamente con los participantes y sobre la base de los datos observados, medir la ubicación y extensión (área) de las mismas. ・Los planos de agrimensura serán elaborados con el programa de CAD, básicamente. ・Teniendo como referencia el plano de la parcela, se verificarán de nuevo con los productores participantes los detalles acordados sobre la posesión y distribución de las parcelas. Se elaborarán contratos sobre la distribución de parcelas a fin de contar con el consentimiento formal de los participantes. i. Diserño detallado: Fundación Sur Futuro, expertos y equipo de estudio de la JICA (Subcontratación parcial a empresas locales) ・Diseños detallados de las siguientes obras: Tuberías de agua, facilidades de riego a nivel parcelario (teniendo como base los planos de agrimensura.) Estimación y análisis de costos. Elaboración del plan de construcción.

Ítems	Descripciones
	・El trabajo de diseño se hará de acuerdo a un manual provisional de diseño elaborado por el Equipo de Estudio de la JICA: ・Después de concluido el diseño de las facilidades de riego, se reunirán con los productores participantes a quienes se explicarán detalladamente dichos diseños. ・Explicación del plan de construcción a los productores participantes. j. Suministro de materiales de construcción : Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA: ・Tuberías: Comprar directamente de las fábricas (someter a un concurso público). ・Facilidades de riego parcelario: Adquirir las facilidades de riego desde las empresas especializadas de riego (bajo concurso). k. Construcción: Fundación Sur Futuro, maestro de construcción, técnicos especialistas, Equipo de Estudio de la JICA. ・Los productores proveerán manos de obra. ・Las obras con concreto tales como la instalación de tanque de agua y la instalación de postes de soporte, serán encargadas a emrpesas locales. ・Según surja la necesidad, se contratará a un personal para la transportación de materiales. ・La supervisión de obras será realizada por un ingeniero de la Fundación Sur Futuro, por un lado y otro que será contratado como supervisor externo, si es necesario. ・La empresa especializada asumirá la construcción de sistemas de riego a nivel parcelario.
(8) Seguimiento del mantenimiento y asesoría en administración agrícola	Encargados: Fundación Sur Futuro y experto en administración agrícola a. Cobro de cuota de agua por la asociación de riego b. Chequeo mensual de las tuberías de conducción de agua y las de distribución en las parcelas. c. Capacitación sobre métodos de mantenimiento de las facilidades dentro de las parcelas. d. Asistencia agrícola e. Orientación de comercialización.
(9) Régimen de apoyo al Proyecto y su alcance	a. Asistencia técnica, alcance y metodología (asesoría individual y en grupo, formación y capacitación de extensionistas, visitas (gira) a zonas avanzadas, intercambio técnico con los productores de otras zonas, etc.) b. Asistencia en cuanto a insumos y equipos, y su alcance: Básicamente se les instruirán a los productores que ellos dispongan los materiales y equipos que estén a su alcance.

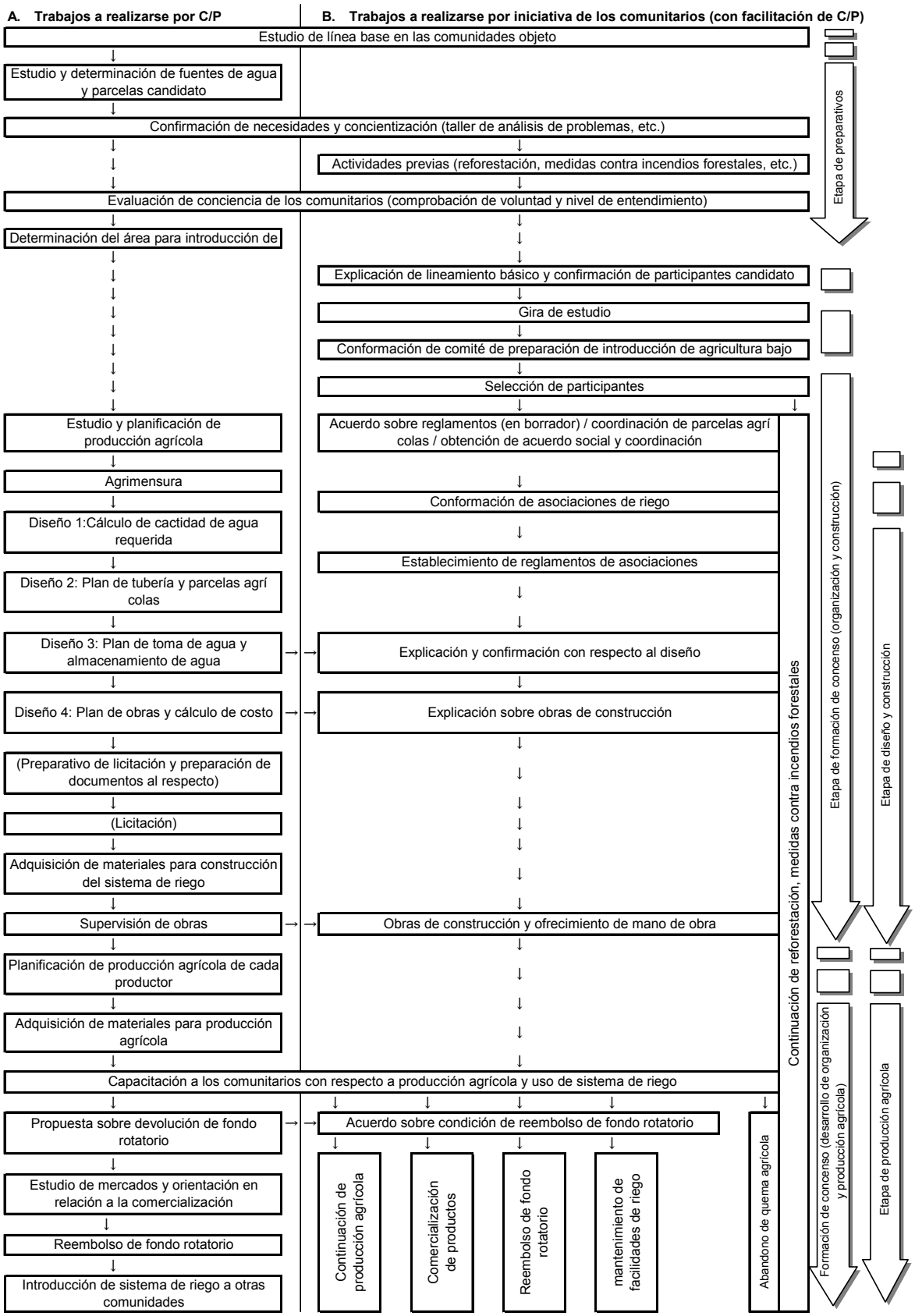
Ítems	Descripciones
(10) Realización de monitoreo	a. Instituciones Responsables: Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de JICA y productores b. Items del Monitoreo ・ Nivel de asimilación de las técnicas del cultivo, administración agrícola y manejo de facilidades de riego ・ Nivel de diversificación de cultivos y volumen de cosecha ・ Incremento de ingresos agrícolas ・ Ejecución de reforestación ・ Ejecución de mantenimiento del sistema de riego ・ Realización de reuniones de asociaciones de riego ・ Recaudación de cuotas c. Frecuencia de monitoreos: una vez al año aproximadamente d. Elaboración del formulario de monitoreo: Fundación Sur Futuro, Equipo de Estudio de la JICA e. Elaboración de informes: Fundación Sur Futuro

1.2 Procedimiento de introducción del sistema de riego sencillo

1.2.1 Procedimiento general para introducción

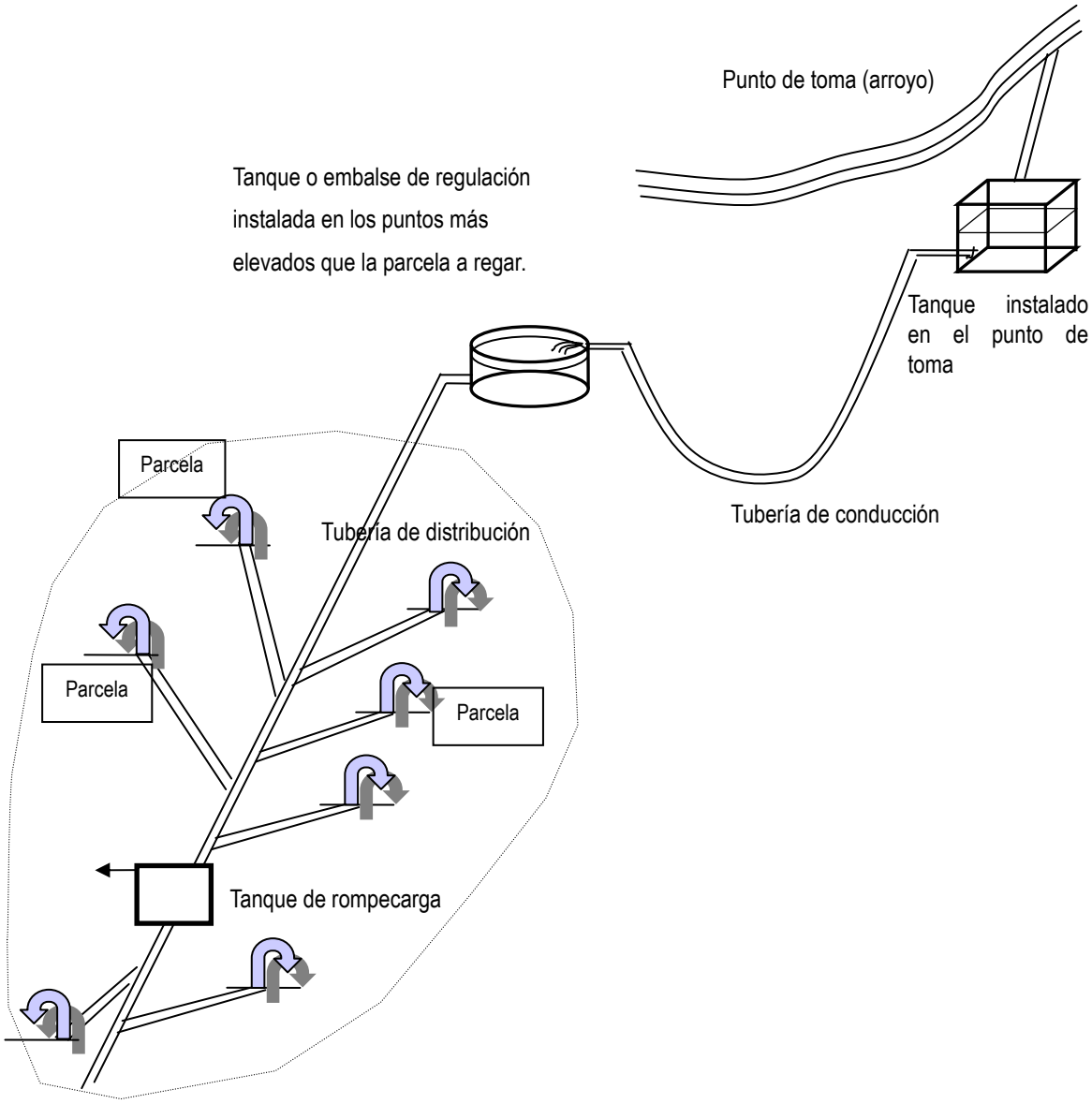
Al introducir el sistema de riego, primero se debe tomar en cuenta que la introducción de riego es un incentivo para manejo de cuenca y se debe tomar suficiente tiempo para las actividades de concientización. Antes de iniciar las actividades concretas para instalación de sistema de riego, es necesario conseguir acuerdo de los comunitarios en cuanto a “obligaciones y responsabilidades de los miembros”. A continuación, está mostrado el diagrama de flujo de introducción.

Flujo de introducción de agricultura bajo riego sencillo (modelo)



1.2.2 Procedimiento Relativo al Diseño

Normalmente, el flujo del agua desde la toma de agua hasta la parcela es como se describe a continuación:



(1) Verificar las Condiciones Locales de la Zona Beneficiaria

Para diseñar un sistema de riego, es importante investigar y valorar correctamente los recursos y condiciones locales del área de influencia. Debe tomar las siguientes medidas como mínimas.

1) Preparación de Mapas Topográficos

- Disponer de mapas topográficos del área de influencia (comunidades y sus zonas aledañas) para realizar levantamiento básico.
  - → Aprovechar un mapa topográfico a una escala de 1: 50,000 en formato digital de la Fundación Sur Futuro.

2) Verificar posibles fuentes de agua.

- Reunirse con los lugareños para obtener la información sobre la situación de posibles fuentes de agua. Comprender su ubicación aproximada en el mapa.
- Visitar directamente las posibles fuentes de agua con el fin de verificar visualmente su ubicación, cantidad de agua, etc.
- Estimar la cantidad total de agua disponible para el riego en la época seca.
- En caso de confirmar que el agua es suministrada de manera irregular o deficiente, se debe analizar la construcción de un embalse regulador para corregir estos problemas.
- Realizar un estudio de la calidad de agua.

3) Situación Actual de las Parcelas

- Investigar el uso y extensión real de los terrenos de cada productor, patrón de cultivo adoptado con mayor frecuencia por los productores locales (por ejemplo, cultivo por rotación).
  - → Conocer las características de administración de finca del área de influencia y determinar las parcelas que serán beneficiadas por el sistema de riego.

4) Estudio del Suelo de las Parcelas para el Riego

- Verificar directamente las condiciones del suelo de las parcelas seleccionadas.
- Investigar la capacidad de retención de agua del suelo para determinar la frecuencia de riego.
  - → En la práctica de riego, es importante tener en cuenta la cantidad de agua que infiltra en el suelo. Se intenta minimizar la pérdida de agua por escorrentía superficial, controlando la cantidad de agua a regar a que la misma sea menor a la capacidad de infiltración.

5) Clima

- Obtener los datos climáticos tales como: temperatura máxima y mínima media mensual, precipitación diaria, velocidad de viento, humedad relativa (%) y evapo-transpiración. Serán recopilados los datos de 10 años o más.
- Sería ideal obtener los datos de medición de la evado-transpiración que haya empleado la Bandeja Evaporimétrica Clase A.
  - → La transevaporación es el factor climático más importante para la estimación del volumen de agua para riego. Si no se disponen datos de transevaporación, se podrá calcular a partir de la temperatura, velocidad de viento y humedad.

(2) Levantamiento topográfico (Agrimensura)

1) Agrimensura vertical (tuberías de conducción)

- Se realiza la agrimensura vertical de las rutas de tubería de conducción desde la boca de

toma hasta el tanque de almacenamiento común de la comunidad. Se deben verificar la altura de cada punto de medición, distancia desde la fuente (punto de toma), presencia de algunos obstáculos que interfieran las rutas.

2) Agrimensura horizontal y vertical (tuberías de distribución: parcelas)

- Se realiza la agrimensura horizontal y vertical con el propósito de calcular el área (dimensión), topografía, pendiente, ubicación y altura de las parcelas seleccionadas. Trazar las rutas de tuberías que conectan las parcelas y señalar la distancia entre las mismas en los planos.

3) Marcado con Estacas en las Áreas Medidas.

- Colocar las estacas, confirmando las rutas de tubería de conducción. Se debe tratar que la línea de las estacas sea la más recta posible.
- Colocar las estacas en las parcelas, verificando las rutas de tubería de distribución, de la línea más recta posible.
- Colocar las estacas, verificando en compañía de los agricultores locales, los límites de las parcelas.

(3) Diseño y Análisis de Costo

1) Cálculo de Riego (Calcular la cantidad de agua para riego)

- Calcular la demanda diaria de agua requerida por planta.
- Equipo de aspersión para el riego en las parcelas (aspersor, riego por goteo, micro-aspersor, etc.) y determinar la distancia de colocación de la infraestructura de riego.
- Calcular la cantidad de agua para riego a nivel parcelario.
- Estimar la frecuencia (días de intervalo) de riego y los bloques de rotación y calcular la demanda de agua por comunidad y la demanda total de agua del sistema (volumen de captación de agua en la toma)

2) Planificación y Diseño de la Tubería de Conducción e infraestructura de Riego a Nivel Parcelario

- Hacer cálculo hidráulico a partir del volumen total de agua para riego y los resultados de la medición vertical, para determinar la especificación técnica de la tubería de conducción. Decidir la ubicación de las instalaciones necesarias como válvula de aire, válvula de desarenamiento y obras de derivación, etc.
- Determinar las características técnicas del equipo de aspersión y confirmar nuevamente la cantidad de agua para riego a nivel parcelario.
- Hacer el cálculo hidráulico de las tuberías de distribución dentro de las parcelas con el fin de determinar la ubicación y especificación técnica de las tuberías.
- Definir la especificación técnica de las tuberías parcelarias en los planos.
- Si es necesario, diseñar el tanque de descompresión (casi igual a un plano convencional)

3) Diseño de las Obras de Toma y Almacenamiento de Agua

- Diseñar las obras de toma y tanque de almacenamiento en la fuente de agua.
- Diseñar el tanque de regulación que será instalado en las parcelas. Si es necesario almacenar el agua en las parcelas, diseñar también un embalse de gran escala con membrana u otro material similar.

4) Formulación del Plan de Construcción y Estimación de Costos

- Calcular la cantidad necesaria de los materiales de construcción basado en las especificaciones de los planos de diseño.
- Conseguir las cotizaciones de los proveedores y hacer una estimación de los costos de la construcción.
- Hacer un plan de construcción, estableciendo un cronograma tentativo, número y tipo de trabajadores necesarios, incluyendo un personal especializado en los trabajos de plomería y de hormigón.

5) Determinar a un Contratista Especializado en las Obras de Riego

- Seleccionar a un contratista especializado en proyectos de riego mediante la comparación de las cotizaciones de varias empresas.

2. ESTUDIO DE FUENTE DE AGUA

2.1 Descripción del Estudio Sobre la Fuente de Agua

La fuente de agua es el factor más importante para el riego y no se puede emplear este método si no cuenta con una fuente adecuada. Por lo tanto, la búsqueda de una fuente de agua idónea será el primer paso para introducir un sistema de riego. Más abajo se describen los puntos de investigación necesarios sobre posible fuente:

(1) Buscar posibles fuentes de agua.

- Confirmar la ubicación aproximada de posibles fuentes, ya sea chequeándola a través de mapas topográficos, preguntando a los lugareños o de otras maneras.
- Confirmar la ubicación de posibles fuentes de agua, yendo al lugar directamente con los lugareños y chequear la diferencia del nivel de altura entre las parcelas que serán regadas y las fuentes de agua (Véase al siguiente cuadro)
- Se recomienda utilizar un arroyo o cañada para mayor facilidad para construir una obra de toma de agua.

(2) Medir el caudal de las fuentes estudiadas.

- Es importante verificar el caudal en la época seca, por lo que se debe tratar de hacerlo en la época seca.
- La cantidad de agua requerida para riego es aproximadamente de 160 gpm[1](10ℓ/s) para 300 tareas[2].

(3) Asegurar la ruta de la tubería desde la posible fuente a la parcela.

- Determinar la ruta y verificar si no hay obstáculos.
- Puntos que deben verificarse:
  - Altitud de la ruta: Verificar la altitud de la ruta, tomando en cuenta la pérdida de cabeza hidráulica[3], la cual es calculada a partir del diámetro de tubería, caudal y distancia (Ver el cuadro de abajo y el Capítulo 5).
  - Obstáculo: Verificar la presencia de cañadas y terreno rocosos por donde no se puede enterrar los tubos.
  - Facilidad de la construcción: Verificar el nivel de dificultad de transportación, la presencia de precipicio, etc.

---

[1] gpm: galón por minuto
[2] 1 tarea = 629m^2
[3] La "Cabeza hidráulica" es la energía hidráulica convertida en la altura de columna de agua. La pérdida de cabeza hidráulica es la energía que se pierde debido a la fricción con tubos, las curvas y las entrada-salidas a lo largo de tubería.

Cuadro 2-1 Diferencia del Nivel de Altitud Desde la Fuente de Agua

Diámetro del tubo	Caudal diseñado	Diferencia necesaria de altitud según la distancia desde la fuente de agua					
		500m	1000m	2000m	3000m	4000m	5000m
PVC 4”	80gpm(5ℓ/s)	2.1m	4.1m	8.3m	12.4m	16.5m	20.6m
PVC 4”	160gpm(10 ℓ /s)	7.4m	14.9m	29.7m	44.6m	59.5m	74.0m
PVC 6”	160gpm(10 ℓ /s)	1.0m	2.1m	4.1m	6.2m	8.3m	10.3m
PVC 6”	320gpm(20 ℓ /s)	3.7m	7.4m	14.9m	22.3m	29.8m	37.2m

(4) Estudio de la Calidad de Agua

a. Ejecutar un estudio de calidad de agua del punto de toma para verificar si el agua es apta para el riego. Los parámetros a investigar son los siguientes:
   - pH: Si el agua es altamente ácido o alcalino, no es apto para el cultivo agrícola. Rango óptimo: 6.5 – 7.5
   - Conductividad eléctrica: Cuando el agua tiene alto valor de conductividad eléctrica, podrá ser causa de la acumulación de sales. Rango óptimo: Menores a 3.0 ms/cm [4]

2.2 Medición del Caudal de la Fuente de Agua

La medición del caudal del punto de toma es muy importante para determinar la magnitud del riego.

2.2.1 Métodos de medición del caudal con el flotador

Es el método más simple y práctico, a pesar de que se puede obtener solamente los datos aproximados de caudal. La medición se realiza en campo, ya que se requieren tomar los datos de velocidad de corriente y las superficies de sección de cauce.

- **Punto de medición:** Se elige un punto donde el cauce se encuentra recto a lo posible y las orillas de ambos lados están paralelos. También es mejor elegir un punto que esté alejado de curvas y del punto de cambio de rumbo de corriente a lo posible. Es mejor evitar los lugares con muchas piedras y materiales vegetativos tales como troncos de árboles, ramas y malezas.
- **Materiales necesarios:** cinta métrica, flotador simple (pelota flotador, manguera, botella con tapa o una rama en caso que no se cuenta nada), reloj con manecilla para segundos, cuerda o alambre (si es posible), cuatro estacas.

El método de medición es lo siguiente:

a. Medición de velocidad de corriente

Se mide el tiempo que tarda para que el flotador avanza un tramo de 2 a 5m que está marcado con cuerdas o alambre y estacas (véase la Figura 2-1). Si es que es difícil conseguir o instalar estacas y alambres, se puede usar ramas que se encuentran en el sitio para marcar.

[4] Milisiemens por metro: [dS/m], 1 [S/m] = 10 [dS/m] = 10 [mS/cm]

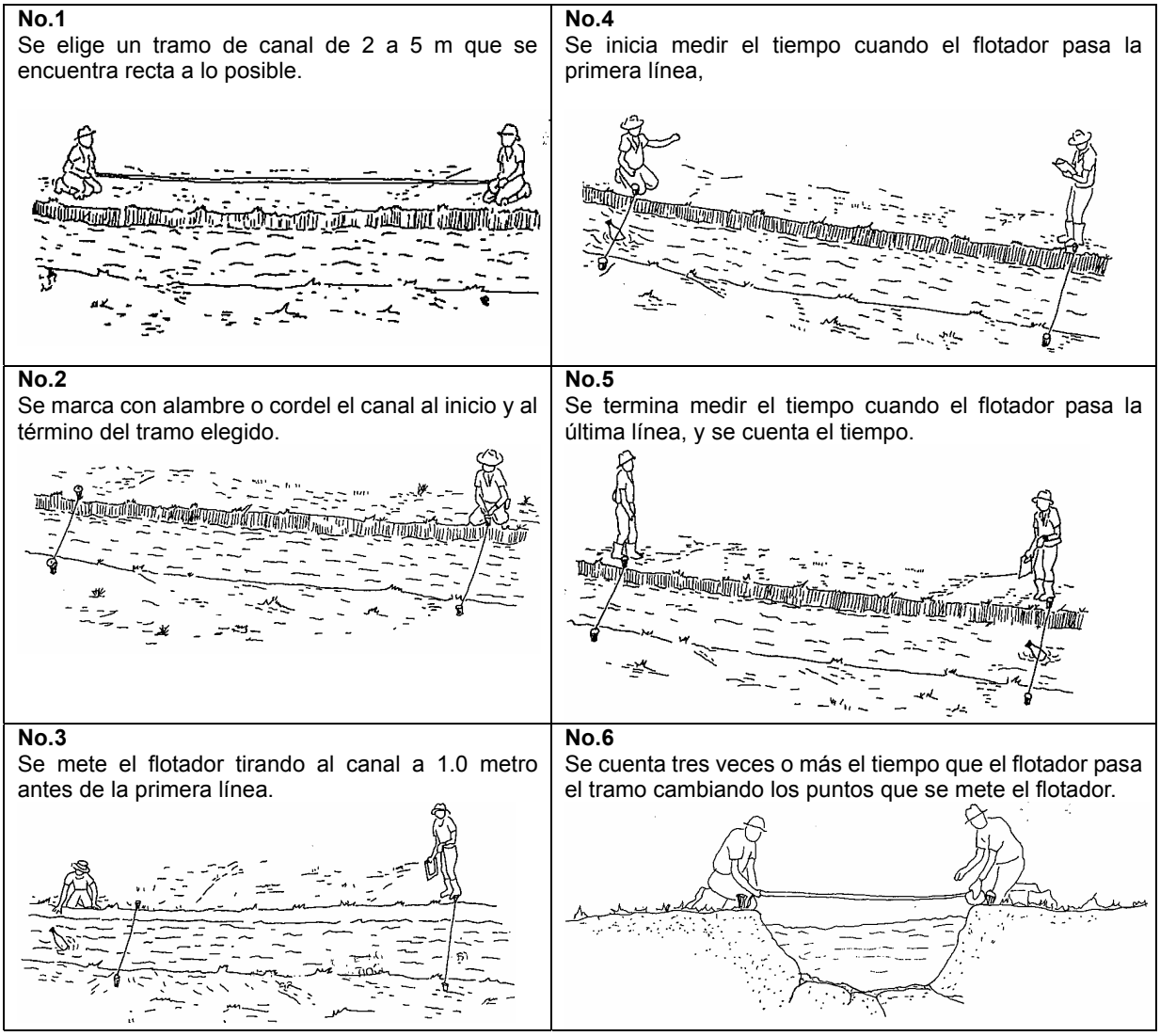


Figura 2-1 Procedimiento de medición de caudal con el uso de flotador

Se saca el promedio de los valores medidos y se calcula la velocidad del caudal mediante la siguiente fórmula:

$$V=L/S$$

V: Velocidad del flujo (m/s)

L: Distancia recorrida por el flotador (m)

S: Tiempo de recorrida del flotador (s)

b. Medición de superficies de secciones de cauce

Se mide el ancho del cauce lo cual se divide en sectores de 20 a 40cm, y se miden las profundidades de cada sector (véase la Figura 2-2).

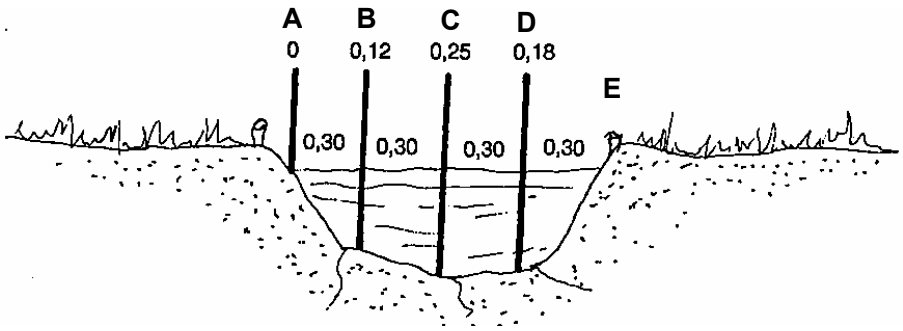


Figura 2-2 Método de medición de la superficie de sección del cauce

A los puntos de división de sectores se miden las profundidades (en metro). El último punto es la orilla del cauce, y debidamente la profundidad es de 0.0m. Las columnas (1) y (2) del Cuadro 2-2 se llenan con los datos tomados en campo, y los valores de las columnas (3) y (4) se calculan de acuerdo a lo siguiente.

El valor de la columna (3) se obtiene dividiendo en dos la suma de dos valores de profundidad correspondientes. Por ejemplo, 0.215 se obtiene dividiendo 0.43 (es la suma de o.25m y 0.18) en dos.

Los datos de la columna (4) se obtienen multiplicando el valor de la columna (3) por el valor de la distancia entre los puntos de medición (en metro). Por ejemplo, 0.0645 se obtiene multiplicando 0.215 por 0.3m.

La superficie total de sección es el valor de la suma de todos los valores de la columna (4). Por ejemplo, es de $0.165m^2$ en este caso.

Cuadro 2-2 Método de cálculo de superficies medias de secciones de cauce

(1) Punto de medición	(2) Profundidad de cauce (m)	(3) Profundidad media de cauce (m)	(4) Superficie de sección de cauce (m^2)
A	0		
		0.06	0.018
B	0.12		
		0.185	0.0555
C	0.25		
		0.215	
D	0.18		
		0.09	0.027
E	0		
Superficie de sección de cauce			0.165

c. Cálculo de caudal

Se emplea la siguiente fórmula.

$$Q = A \times V \times 1000$$

Las siglas representan los siguientes términos:

Q: Caudal (unidad: ℓ/s)

A: Superficie de sección del cauce (m^2)

V: Velocidad de corriente (m/s) V=L/S

（Ejemplo）

Se seleccionó un tramo de 5 m del canal y se determinaron cinco puntos donde se medirá la profundidad del agua. Se midió el tiempo de recorrido del flotador en cada tramo, cuyos resultados aparecen más abajo. En el cuadro 2 se muestra el área del canal (la sección transversal del flujo).

Punto de la primera medición:	69 segundos
Punto de la segunda medición:	63 segundos
Punto de la tercera medición:	66 segundos
Punto de la cuarta medición:	68 segundos
Punto de la quinta medición:	65 segundos
Total:	330 segundos

Promedio 330 / 5 =66 segundos

En este caso, la velocidad del flujo se calcula de la siguiente manera:

$V=L/S=5/66=0.076m/s$

El caudal es:

$Q= A\times V\times 1000=0.165\times 0.076\times 1000=12.5$ ℓ /s

2.2.2 Método de Medición de Caudal con el Uso de Recipiente

El método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un tipo de recipiente con volumen conocido. Al dividir la capacidad del balde (litros) por el empleado (segundo) se obtiene el caudal en ℓ /seg, como indica la siguiente formula:

Total Caudal (ℓ /seg) = Volumen del recipiente (litros) /Tiempo que demora en llenar (seg)

En vista de que toda el agua debe recibirse en el recipiente, este método sirve para medir caudales no muy grandes, por ejemplo, el agua que sale de una llave. En el presente proyecto se empleó en la medición del caudal que se descarga de la salida del tanque de agua para uso doméstico en Las Lagunas.

En el Cuadro 2-3 se dan los caudales para diferentes volúmenes en relación al tiempo que demora en llenarse el recipiente utilizado para la medición.

Cuadro 2-3 Cantidad de caudal (ℓ/seg) según el tiempo para llenar recipientes

Tiempo para llenar (seg)	Volumen del recipiente			Tiempo para llenar (seg)	Volumen del recipiente		
	5 ℓ	10 ℓ	20 ℓ		5 ℓ	10 ℓ	20 ℓ
1	5.00	10.00	20.00	14	0.36	0.71	1.43
2	2.50	5.00	10.00	15	0.33	0.66	1.33
3	1.63	3.33	6.66	16	0.32	0.63	1.25
4	1.25	2.50	5.00	17	0.29	0.59	1.18
5	1.00	2.00	4.00	18	0.28	0.56	1.11
6	0.83	1.67	3.33	19	0.26	0.53	1.05
7	0.71	1.42	2.86	20	0.25	0.50	1.00
8	0.63	1.25	2.50	21	0.24	0.48	0.95
9	0.55	1.11	2.22	22	0.23	0.45	0.90
10	0.50	1.00	2.00	23	0.22	0.43	0.87
11	0.45	0.90	1.81	24	0.21	0.42	0.83
12	0.42	0.83	1.67	25	0.20	0.40	0.80
13	0.38	0.77	1.54				

2.3 Selección de las Rutas de Tubería

Las rutas de tubería inciden crucialmente en el diseño y el costo de construcción, por lo que se debe realizar suficientemente el estudio de campo y prestar mucha atención en su determinación. Especialmente, se debe realizar el recorrido de campo prestando atención a los puntos de importancia que se describen a continuación, en base al cual se determina provisionalmente la ruta y se realiza la agrimensura.

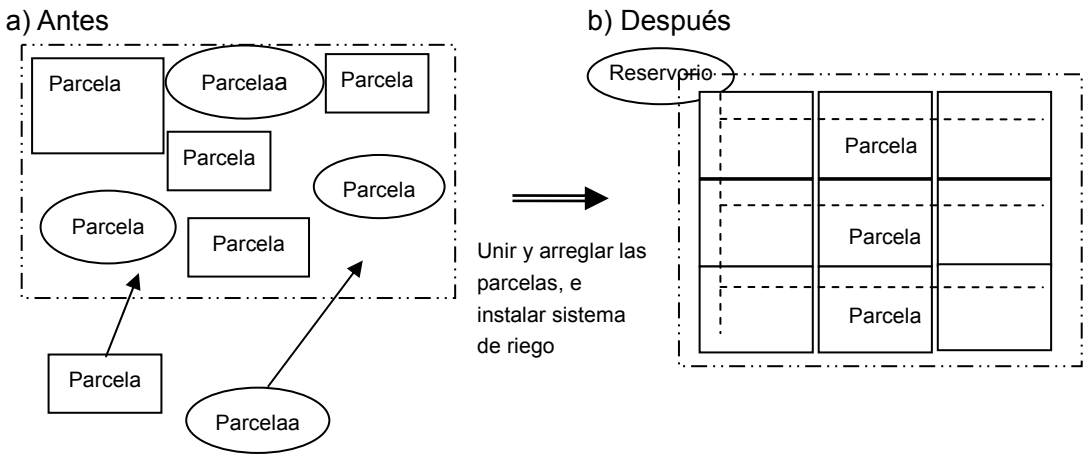
1) Diferencia vertical, distancia horizontal y distancia a lo largo de ladera.
2) Ángulos y radios de curvas, y distancias desde objetos externos (en caso de que sea necesario tomar cierta distancia alrededor de la tubería)
3) Puntos de cruce de tubería.
4) Ubicación de válvulas.
5) Particularidades topográficas (por ejemplo cañada) y/o estructuras adyacentes o interferentes.
6) Necesidad de permiso de instalación de tubería, puntos de cruzar con caminos y el permiso de cruzar.
7) Verificación de permiso de uso de agua.

3. SELECCIÓN DE PARCELAS AGRÍCOLAS PARA RIEGO

3.1 Criterio de selección sobre área de bajo riego

(1) Concepto de las parcelas para ser mostrado a los agricultores

i. Las parcelas deben ser seleccionadas de una o dos áreas para amalgamar y evitar dispersar la tierra tanto como sea posible.



Al concentrar las parcelas, puede haber siguientes ventajas.

(a) Utilizar efectivamente las parcelas
(b) Economizar el costo para materiales
(c) Permitir la administración eficiente de agua y operación de sistema de riego

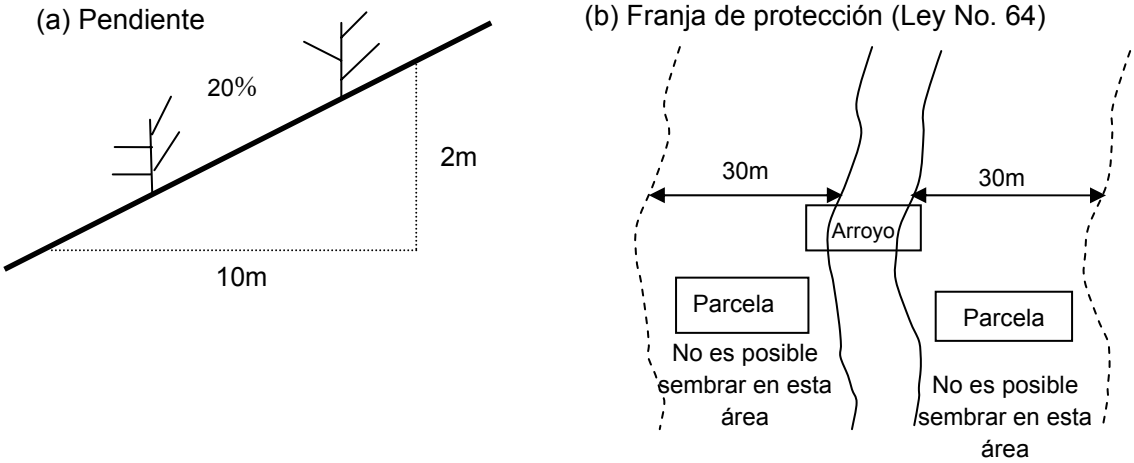
ii. Tierra recomendable: Plana y extensa, no pendiente aguda (por lo menos que el 20%)
iii. Se está permitido incluir las parcelas menores de 10 tareas (es recomendable que las parcelas sean de más de 5 tareas).
iv. Los propietarios de tierra que tienen más de 10 tareas pueden ofrecer sus terrenos a los miembros que no cuentan con terrenos adecuados para introducción de sistema de riego. (Es necesario que los miembros lleguen a acordarse.)

Los técnicos deben verificar los terrenos en campo, y después de que los comunitarios relacionados lleguen a acordarse, se realizará la agrimensura.

(2) Condición física adecuada de las parcelas agrícolas para instalar el sistema de riego

i. Accesibilidad: cerca de la comunidad con fácil acceso para transportar los productos
ii. Superficie: máximo 10 tareas en este Proyecto
iii. Pendiente: menos de 20% (en los terrenos con pendiente se puede aplicar agroforestería combinando el sistema de riego)
iv. Distancia desde el río: dentro de 30m desde cualquier río y arroyo, no está permitido instalar el

sistema de riego de acuerdo al Decreto Presidencial No. 64



(3) Condición adecuada para instalar el sistema de riego desde el punto de vista de producción agrícola

i. Rayo solar

Evitar los lugares que no tienen buena condición de rayo solar como lugares rodeados de bosque.

ii. Historia de producción agrícola

Evitar los lugares con riesgo de daños de producción consecutiva por ejemplo las parcelas en que hayan ocurrido enfermedades

→ Preguntar al propietario los siguientes asuntos

- Cultivos anteriores y los volúmenes de producción
- Problemas causados por el modo de cultivo en la parcela.
- Como hacer rotación de cultivos.

iii. Condición de drenaje

Evitar el lugar donde después de la cobertura de agua lluvia o aparece la senda de agua

→Se observan las características topográficas y propiedades físicas de suelo, y se realizan entrevistas al propietario. Sería recomendable observar en el sitio la condición de parcela después de lluvias.

iv. Erosión

Se debe evitar el lugar donde se observa la erosión en la parte interior de la parcela.

v. Pedregosidad

Se debe evitar el lugar con alta existencia de piedras grandes.

vi. Dureza de suelo

Se debe evitar el lugar donde los suelos son duros mostrando poca productividad.

--> Observar la dureza del suelo en campo.

Cuadro 3-1 Lista de chequeo de las parcelas (ejemplo)

1. Comunidad		
2. Nombre de propietario		
3. Condición de la parcela		
Ítem	Descripción	Condición
Accesibilidad	Distancia de camino matriz	
Ubicación	Rodeo de las tierras de labranza (lugar de arroyo o cíceros)	
Superficie	Área de las tierras de labrantío que el dueño tiene	
Pendiente	Grado de la cuesta de las tierras de labrantío	
Abundancia de sol	Chequear alrededor de las parcelas	
Historia de uso de la parcela	Tipo de cultivo sembrado históricamente en la parcela y rendimiento. Problemas causados por el modo de cultivo en la parcela	
Grado de drenaje	Condición de la humedad del suelo	
Grado de erosión	Condición de la erosión en la tierra	
Pedregosidad	Chequear la condición de la superficie por vista	
Dureza de suelo	Comprobando la dureza a mano	
Estimar la textura del suelo	Observar el tipo de suelo (Arenoso, Suelo Franco, Arcilloso)	

3.2 Observación de suelo

(1) Estimar la textura del suelo

La textura de suelo es un componente importante en el riego, ya que determina la capacidad de almacenamiento e infiltración de agua. La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y las necesidades de agua determina la frecuencia de riego, es decir el tiempo de riego y el siguiente; y la capacidad de infiltración determina el tiempo de riego, es decir el tiempo que se debe regar para humedecer la zona de raíces de cultivo. Por estas razones se incluye un método práctico para estimar la textura del suelo.

La textura debe estimar por sectores de suelo de aspecto similar, puede se un potrero completo o solo una parte; en cada uno de los sectores se saca un equivalente a 5 muestra por hectárea, evitando muestra debajo de árboles sectores altos faldeos o sectores pocos representativos del postrero.

El procedimiento de toma de muestra de suelo es lo siguiente:

i. En cada lugar en que se sacara la muestra, se hace un hoyo cuadrado del ancho de la pala y de 40 a 50cm de profundidad.
ii. Se mezcla bien la tierra de cada hoyo, se saca medio kilo y se hecha en un balde; una vez que se han sacado las muestras de todos los lugares se mezcla bien la tierra que se recogió de los diferentes hoyos.
iii. Se toma un puñado de tierra del balde y se compara el aspecto con los antecedentes de la Figura 3-1.

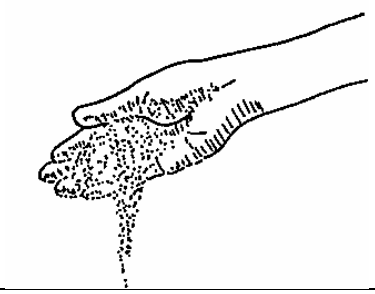
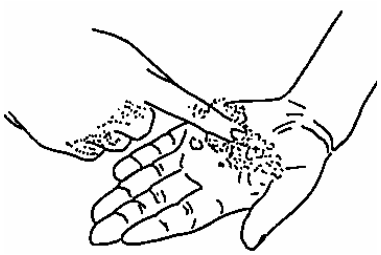
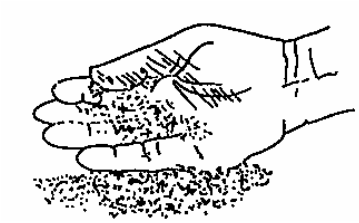
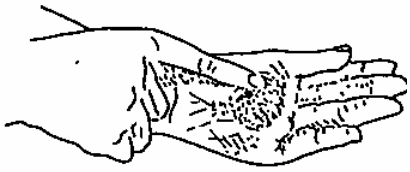
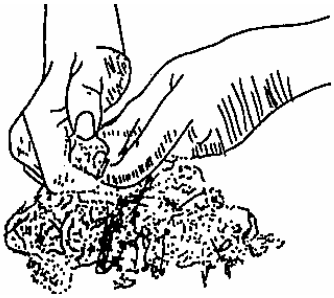
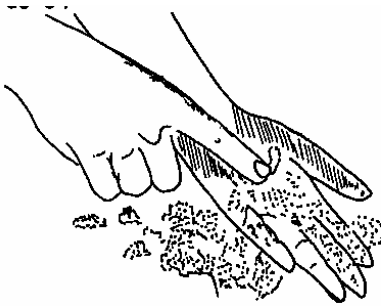
Tipo de suelo	Suelo seco	Suelo húmedo
Arenoso	Tierra suelta, los granosa se pueden ver y sentir fácilmente 	Se moldea con dificultad pero al tocarlo se destruye. 
Suelo Franco	Los terrenos se quiebran con alguna presión quedan terrones mas chicos 	Entre áspero y pegajoso al tocar con dedo mirar en la palma de la mano se ve un poco de brillo (limo), forma una bola que se destruye con poca presión 
Arcilloso	Forma terrones muy duros difícilmente son quebrados entre los dedos 	Muy pegajoso y fácil. Forma ro que pueden ser curvado en forma de “ C” 

Figura 3-1 Estimación de la textura al tacto.

(2) Estimar la humedad del suelo.

En la Figura 3-1 se muestra un procedimiento que permite estimar para diferentes tipos de suelo, si se debe regar o si todavía queda agua útil para la planta en el suelo.

La muestra de suelo debe ser representativa del sector de la parcelas agrícola, y se debe sacar la muestra a la profundidad donde se encuentre la mayor concentración de raíces.

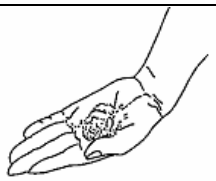
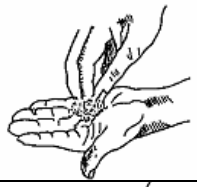
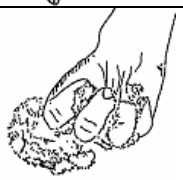
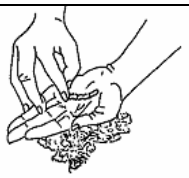
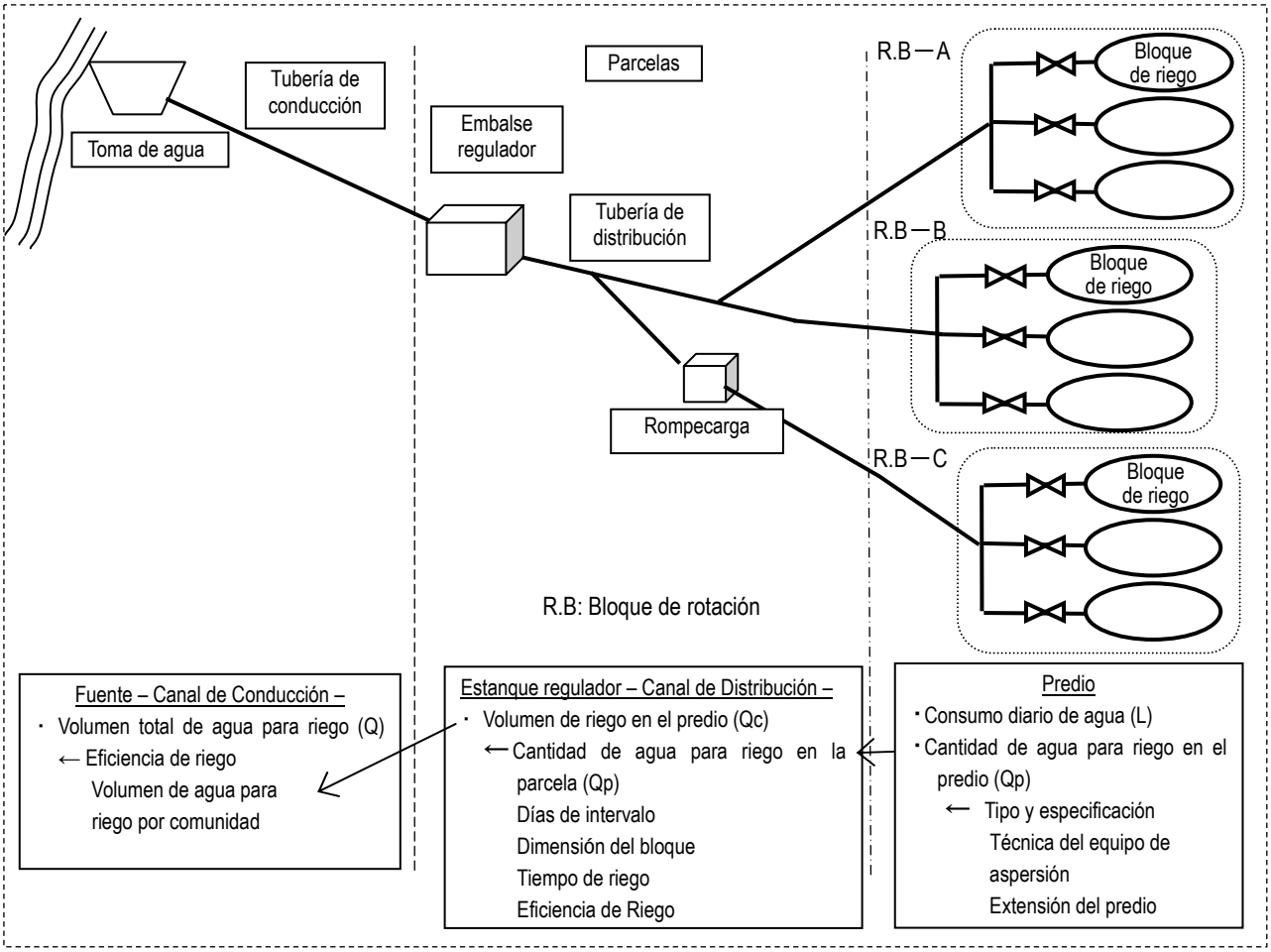
Textura	Condición de humedad en el suelo		
Arenoso	Un día después de un riego profundo	Cuando se comprime no sale agua. La mano queda húmeda y da sensación de aspereza.	
	Aun no necesita riego	Cuando se moldea, no forma bola, pero tiende a juntarse.	
	Momento de regar	Parece seco. Con presión se une, pero se destruye fácilmente.	
Franco	Un día después de un riego profundo	Barro entre los dedos. Es sedoso pero cuando se frota en pequeñas cantidades parece áspero.	
	Aun no necesita riego	Forma bolas y cilindros, pero se quiebran con alguna presión.	
	Momento de regar	Parece seco. Con alguna presión puede ser moldeado pero se destruye con poca presión.	
Arcilloso	Un día después de un riego profundo	Al comprimir el suelo sale barro entre los dedos. Es muy pegajoso.	
	Aun no necesita riego	Muy pegajoso. Forma cilindro que puede ser curvado en forma de “C”.	
	Momento de regar	Parece seco. Aún forma cilindro que se quiebra cuando se intenta curvarlo.	

Figura 3-2 Estimación de la humedad en suelo

4. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA Y TIPOS DE FACILIDADES DE RIEGO

4.1 Definición y Procedimiento de Cálculo del Volumen de Agua para Riego

El volumen requerido de agua para riego es el dato necesario para determinar tanto el volumen de captación de agua en la fuente como las especificaciones técnicas de las tuberías de conducción, en ese sentido, es el dato fundamental para planificar el sistema de riego. En el siguiente diagrama se describe el concepto básico del volumen de agua para riego.



Consumo diario de agua: Se refiere al volumen de agua que se consume por el crecimiento normal de las plantas (cultivos). Mensualmente se establece el consumo diario de agua por cultivo. Normalmente, el consumo llega a su máximo nivel en el verano, el cual se denomina el máximo consumo diario de agua estimado, el cual se emplea para estimar la escala de la infraestructura de riego.

Volumen de agua para riego en las parcelas: Se refiere al volumen de riego a nivel parcelario y es calculado según la eficiencia del equipo de aspersión y la extensión del predio. Este volumen de agua determina la capacidad requerida de las tuberías parcelarias en cada comunidad.

Volumen de agua para riego en la comunidad: Se refiere a la demanda global de agua para riego a nivel de la comunidad que debería entrar en el tanque de distribución. Este volumen de agua determina la capacidad requerida de la tubería de conducción.

Volumen global de agua para riego: Se refiere al volumen de captación de agua en la boca de toma y se estima según el volumen de agua para riego en la comunidad y la eficiencia de transportación de la tubería de conducción.

Eficiencia de riego: Se refiere a la proporción de agua que se pierde en el proceso de la distribución de agua hasta el predio. En caso de utilizar las tuberías de agua, se emplea el "95%" para fines de estimación.

4.2 Procedimiento del Cálculo de la Cantidad de Agua para Riego

(1) Cálculo del consumo diario de agua: Se explicará en el siguiente acápite.

(2) Cálculo de la demanda de agua para riego en el predio

i. Determinar el tipo del equipo de riego por aspersión a partir del consumo diario de agua.

ii. Estimar la especificación técnica del equipo de aspersión a partir del consumo diario de agua

(3) Cálculo del volumen de agua para riego en la comunidad

i. Determinar la frecuencia de riego (días de intervalos) y el número de bloques de rotación

ii. Horas de riego: Determinar el tiempo de operación de las facilidades de riego por día

iii. Calcular el volumen de agua para riego en la comunidad, utilizando la siguiente fórmula y los datos de la frecuencia y horas de riego por día, área irrigada y eficiencia de riego.

$$Qc = \frac{453 \times L(inch) \times A(acres)}{F \times H} \quad \text{(gpm)} \quad \text{o} \quad \frac{(2.78 \times L(mm) \times A(ha))}{F \times H} \quad \text{(ℓ/s)}$$

Qc: Cantidad requerida de agua de cada comunidad

F: Intervalo de riego

L: Consumo diario de agua (mm, pulgada)

A: Superficie total de parcelas agrícolas (ha、acres) 300 Tareas ≈ 46.5 acres ≈ 18 ha

H: Horas de riego por día (horas/día)

(4) Cálculo del Volumen Total de Agua para Riego

Calcular el volumen total de agua para riego a partir del volumen de agua para riego en la comunidad y la eficiencia de riego. (Qc ÷ eficiencia de riego).

(5) Chequeo del Volumen de Agua para Riego

i. Calcular la demanda de agua para riego a nivel de los bloques de rotación a partir de las

especificaciones técnicas del equipo de aspersión.

ii. Ajustar el sistema de rotación y la especificación técnica del equipo de aspersión para que el sistema funcione a nivel del volumen total de agua para riego estimado. En caso de que sea imposible hacer tal ajuste, se debe analizar la posibilidad de incrementar el volumen total de agua para riego a nivel de comunidad.

4.3 Cálculo del Consumo Diario de Agua

El consumo diario de agua por planta para su crecimiento varía según las condiciones del suelo, del clima y de la propia planta, sin embargo, se calcula en base a los datos meteorológicos. El consumo diario de agua se expresa por la cantidad de evapotranspiración, la cual es representada por la suma de la evaporación desde la superficie del suelo y la de las hojas de la vegetación. Se calcula mensualmente la evapotranspiración y luego, la demanda de agua requerida cada mes. Para el cálculo del máximo caudal requerido por el sistema de riego, se calcula solamente el dato del mes con el máximo consumo de agua para riego.

Existen varios métodos de cálculo, de los cuales los siguientes tres son los más populares. En el presente proyecto se adoptó el método de la Bandeja Evaporimétrica Clase A (Evaporation Pan Class A).

(1) Bandeja Evaporimétrica Clase A
(2) Método de Penman
(3) Método de Blaney - Criddle

4.3.1 Descripción de la Bandeja Evaporimétrica Clase A

La Bandeja Evaporimétrica Clase A (véase dibujo de abajo) se utiliza para medir la evaporación desde la superficie de tierra, a través de medir la evaporación de agua. Este medidor de evaporación se instala en la parcela agrícola en producción y los datos obtenidos de medición se utilizan para preparar planes de riego. Sobre todo, este medidor es adecuado para usar en las parcelas agrícolas sin control de humedad en las que se están cultivando los productos de bajos tallos creciendo activamente cubriendo la superficie de tierra.

Diferente a otros métodos de cálculo experimentales que utilizan datos meteorológicos, con este método se puede medir diversos factores que influyen la evapotranspiración tales como humedad relativa, viento, temperatura, etc.

Este instrumento debe ser instalado en un ambiente cubierto con una vegetación en crecimiento activo, de baja estatura sin estar sometido a un control de humedad. El nivel de agua dentro del tanque debe mantenerse a una distancia máxima de 7.5 cm desde su orilla. Si baja más, se producirá un margen de error de unos 15 % en la medición de la evapotranspiración. A veces se coloca una malla para evitar que las aves y otros animales pequeños se suban para tomar agua del tanque. Sin embargo, debe estar consciente que la malla disminuye la pérdida de agua por evapotranspiración en un 10 % que cuando no la tiene.

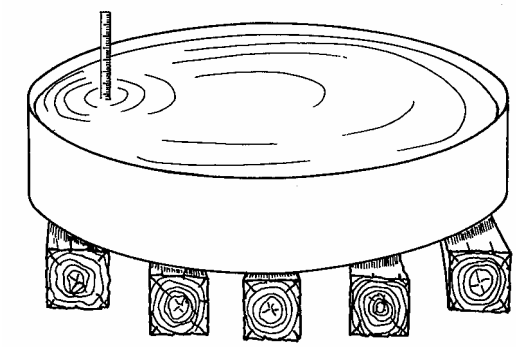


Figura 4-1 Bandeja Evaporimétrica Clase A

El medidor de evaporación reacciona de la misma manera que una planta contra la insolación, viento, temperatura y humedad del aire, aunque se muestran ciertas limitaciones. Sin embargo, la superficie de agua absorbe más energía incidente que la superficie de una planta. Además, la energía de calor acumulada en el agua durante el día se emite en la noche, por lo que el instrumento registra una cantidad considerable de evaporación. Mientras tanto, la planta solo tiene la transpiración durante el día. Por otro lado, el color y la cantidad de agua en la bandeja también influyen los resultados de la medición. Por lo tanto, es necesario instalar el medidor de evaporación en un lugar adecuado analizando cuidadosamente todas las condiciones ambientales y meteorológicas.

4.3.2 Método de Cálculo del Consumo Diario de Agua, Utilizando la Bandeja Evaporimétrica Clase A

El procedimiento de cálculo del consumo diario de agua es como sigue:

i. Obtener los datos mensuales de la medición de evaporación mediante el medidor de evaporación de alguna estación meteorológica cercana. De ser posible, será recopilados los datos de más de 10 años consecutivos.
ii. Calcular los promedios mensuales de los datos obtenidos y organizar sus resultados en cuadro.
iii. Aplicar los datos promedios calculados a la siguiente fórmula para calcular el consumo diario de agua.

$$ETp = Kb*E$$

ETp = Consumo diario de agua en la zona estudiada（mm/día）

Kb = Coeficiente del medidor evaporimétrico. Es susceptible a las condiciones meteorológicas y locales del lugar donde está instalado el aparato. (Cuadro 4-1)

E = Volumen de pérdida de agua por evapotranspiración durante 24 horas (mm/día)

Cuadro 4-1 Coeficiente de Kb durante 24 horas bajo diferentes circunstancias (tipo de plantas, humedad relativa media y velocidad de Viento)

Circunstancias de instalación de medidor Clase A / Velocidad de viento (km / hora)	Terreno cubierto con vegetación bajas				Terreno sin ser cubierto con vegetación			
	Distancia desde vegetación (m)	Humedad relativa media (%)			Distancia desde terreno sin ser cubierto con vegetación (m)	Humedad relativa media (%)		
		Baja <40	Media 40-70	Alta >70		Baja <40	Media 40-70	Alta >70
Poca < 175	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
Mediana 175-425	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.8	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
Alta 425-700	0	0.45	0.5	0.60	0	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.6	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.70	0.75	0.65	1000	0.40	0.45	0.55
Muy alta >700	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.60	0.65	0.55	1000	0.35	0.40	0.45

Al instalar correctamente la Bandeja Evapométrica Clase A en una parcelas agrícola a regarse, a menos que soplen vientos fuertes o surja la caída brusca de temperatura, el coeficiente Kb se mantendría entre 0.75 y 0.85.

4.4 Selección de los Métodos de Riego

Es necesario comprender las ventajas y desventajas de cada método de riego y seleccionar el más apropiado a las condiciones del área de influencia.

El método más sencillo es regar manualmente, transportando el agua en cubeta u otro recipiente desde el pozo, manantial o tanque. Es la forma más forzosa por el uso de la fuerza física humana, pero, es la manera más práctica para un conuco de hortaliza que quede cerca de la toma de agua.

Cuando el área para irrigar es extensa o que pretenda hacer agricultura comercial, se emplean frecuentemente los métodos con niveles tecnológicos más avanzados. Los métodos más usuales son riego superficial, riego por aspersión y riego por goteo. El riego por aspersión y el riego por goteo son apropiados para los predios con pendiente y alto nivel de permeabilidad de suelo. También son aptos para los predios con indicios muy claros de la deficiencia de agua. Las infraestructuras de estos métodos requieren un

mantenimiento seguro. En la zona de ejecución del presente proyecto se puede seleccionar el método de riego por aspersión y por goteo.

4.4.1 Tipo de Facilidades de Riego

En el siguiente cuadro se muestran los tipos y las características de los equipos de riego que se recomiendan para el área de influencia del presente proyecto:

Características de cada sistema de riego	Riego por Goteo	Mini-aspersor	Micro-aspersor
Alcance de agua	0.3 - 0.8m de diámetro	10 -20 m de diámetro	3 - 10 m de diámetro
Cantidad de agua	6 gph - 30 gph	6 gpm - 700 gpm	6 gph - 200 gph
Presión adaptable	0.2bar－2.0bar[5]	1.5bar－4.0bar	0.8bar-4.0bar
Otro	El radio de alcance varía según el tipo de suelo. Suelo viscoso: más o menos 0.5－0.8m, Suelo arenoso: unos 0.3m	Se requiere una estructura de soporte con una longitud de 1 m aproximadamente y su correspondiente boquilla de derivación.	Al extender el soporte, se podrá ampliar el área de alcance.

Estos son datos de referencia suministrados por los fabricantes.

Los principales factores para la selección del método de riego entre los referidos aquí son los siguientes:

- Condiciones naturales
- Tipo de plantación (cultivo)
- Análisis costo – beneficio

4.4.2 Selección de los Equipos de Riego

(1) Condiciones Naturales:

Tipo de suelo : El suelo arenoso tiene boca capacidad de retención de agua y alta permeabilidad, la cantidad por aspersión debe ser poca y en cambio, aumentar la frecuencia de riego. Si el suelo del área de influencia tiene poca profundidad, se necesita riego más frecuente. Los métodos de riego por aspersión y goteo son apropiados para suelos franco o arcilloso con velocidad de percolación lenta. En caso del terreno con diferentes tipos de suelo mixtos, el método más adecuado es el de aspersión o por goteo.

Pendiente : En las parcelas con alta pendiente es adecuado aplicar el riego por aspersión o por goteo.

Condiciones climáticas : Bajo condición de fuertes vientos, se afecta el riego de aspersión y se debe optar el riego superficial o por goteo. En el área donde el riego sea una medida

[5] 1 bar ≈ 0.987 atm ≈ 14.504 psi

compensatoria, es mejor adoptar el riego por aspersión o goteo para poder flexibilizar su uso dependiendo de la demanda de riego.

(2) Eficiencia de riego

La eficiencia de riego es más alta en el siguiente orden: riego por goteo, riego por aspersión y riego superficial. En este mismo orden de eficiencia se puede ahorrar el tiempo de riego.

(3) Tipo de Cultivo

El riego por goteo se emplea en la producción de cultivos de alta rentabilidad como vegetales y frutales. El riego por goteo es más apropiado a una producción a menor escala y/o al cultivo intercalado entre los árboles y hortalizas. No es apto para el cultivo de pastos (alimentos de ganado) ni maíz.

(4) Análisis de Costo - Beneficio

Antes de determinar el método de riego, es necesario hacer el análisis de costo – beneficio de cada método en caso de ser instalado en el área que será beneficiada. Debe analizarse no solamente los gastos de construcción e instalación, sino también, costo de operación y mantenimiento de las facilidades de riego por área determinada. Esto se hace para verificar la relación entre los posibles costos y beneficios.

Cuadro 4-3 Comparación entre Diferentes Métodos de Riego

Tipo de riego / Aspecto a ser considerado	Riego por goteo	Mini o micro-Aspersor	Riego superficial
Tipo de suelo	Apropiado al suelo arcilloso. Se requiere aumentar la frecuencia de riego en caso de suelo arenoso.	Apropiado al suelo arcilloso. Se requiere aumentar la frecuencia de riego en caso del suelo arenoso.	Tener en consideración en la cantidad de agua para riego en caso del suelo arenoso.
Pendiente del terreno	Se puede instalar este método en un terreno inclinado.	Se puede instalar este método si el radio de alcance estimado es pequeño.	No es apropiado.
Condiciones climáticas	Se puede instalar en un lugar con fuertes vientos. El nivel más bajo de evaporación.	El viento afecta muy poco si el radio de alcance es pequeño. Bajo nivel de evaporación.	El viento no afecta el método. Gran nivel de evaporación.
Eficiencia de riego	El mejor	Buena	Inferior comparado con otros métodos.
Tipo de cultivos	Cultivos apropiados: frutales, hortalizas. Cultivos no apropiados: alimentos para ganados, maíz, etc.	Cultivos apropiados: frutales, hortalizas. Cultivos no apropiados: (En caso de Micro Aspersor, hortalizas de alta estatura, alimentos para ganados, etc.)	Cultivos apropiados: Casi todos los cultivos. Cultivos no apropiados: cultivos que requieren una gran dimensión como alimentos para ganados.
Costo - Beneficio	Debido a alto costo de instalación, operación y mantenimiento de las infraestructuras de riego, es necesario cultivar los renglones altamente comerciables.	Debido a alto costo de instalación, operación y mantenimiento de las infraestructuras de riego, es necesario cultivar los renglones altamente comerciables.	El costo de instalación y operación en el predio es bajo. Solo el costo de instalación de la tubería de conducción es más alto debido a gran demanda de agua para riego.

Nota) Riego superficial: Es como riego entre surcos, riego por zanjas a curvas de nivel

5. DISEÑO HIDRÁULICO DE RIEGO

5.1 Diseño de las Tuberías

La tubería es el conjunto de tubos para el transporte de agua de un lugar al otro y en el área del presente proyecto se utiliza para conducir el agua desde la toma de agua hasta el reservorio o tanque regulador y desde el reservorio o tanque hasta cada parcela.

Para el cálculo hidráulico se puede emplear programas o aplicaciones como Excell que facilita el procedimiento de cálculo, teniendo en cuenta la presión y cantidad de agua que pasa por el sistema de tuberías.

5.1.1 Factores del Cálculo Hidráulico

Dos tipos de presión se ejercen sobre las tuberías; presión hidrodinámica y presión hidrostática, las cuales se expresan con las unidades de m, bar y PSI.

Cuadro 5-1 Presiones de agua en la tubería

Tipo de presión	Estado	Factor en el cálculo hidráulico	Fórmula de cálculo
Presión hidrostática	El fluido de agua queda en reposo dentro del tubo (cuando las válvulas de tubería están cerradas)	Determinar la especificación técnica de los tubos.	(Nivel de agua en la fuente) − (Nivel (altura) de la tubería)
Presión hidrodinámica	El fluido de agua en movimiento dentro del tubo y sale hacia el tanque.	Verificar si una determinada cantidad de agua llega al tanque.	(Nivel de agua en la fuente) − (pérdida de cabeza hidráulica por fricción)

Estas presiones se calculan aplicando distintos factores identificados en la sección longitudinal tales como la altura, la distancia desde la fuente, el radio del tubo y otros. A continuación se muestra el esquema hidráulico de la tubería de riego por gravedad:

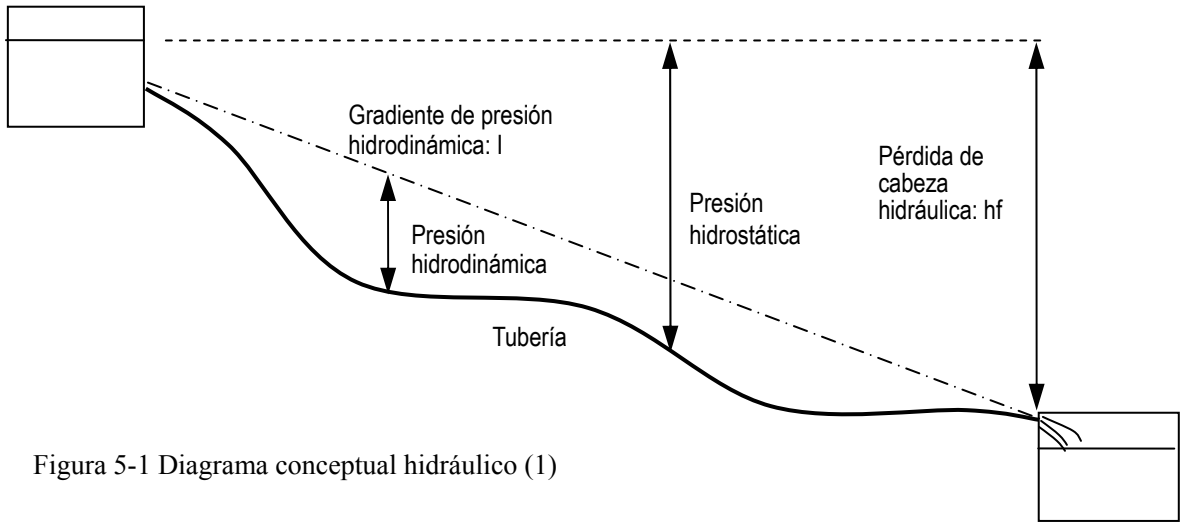


Figura 5-1 Diagrama conceptual hidráulico (1)

La presión hidrodinámica es una energía que necesita el fluido de agua para poder desplazarse y disminuye gradualmente por fricción, llegando a “0 (cero)” al verterse en el tanque. Cuando la línea de gradiente de presión hidrodinámica se encuentre por debajo de la altura de la tubería, el agua no fluye (ver el esquema de abajo). Esta energía se pierde a causa de la pérdida de cabeza hidráulica por fricción y otros factores. Al incrementar el radio del tubo, esta pérdida se torna menor.

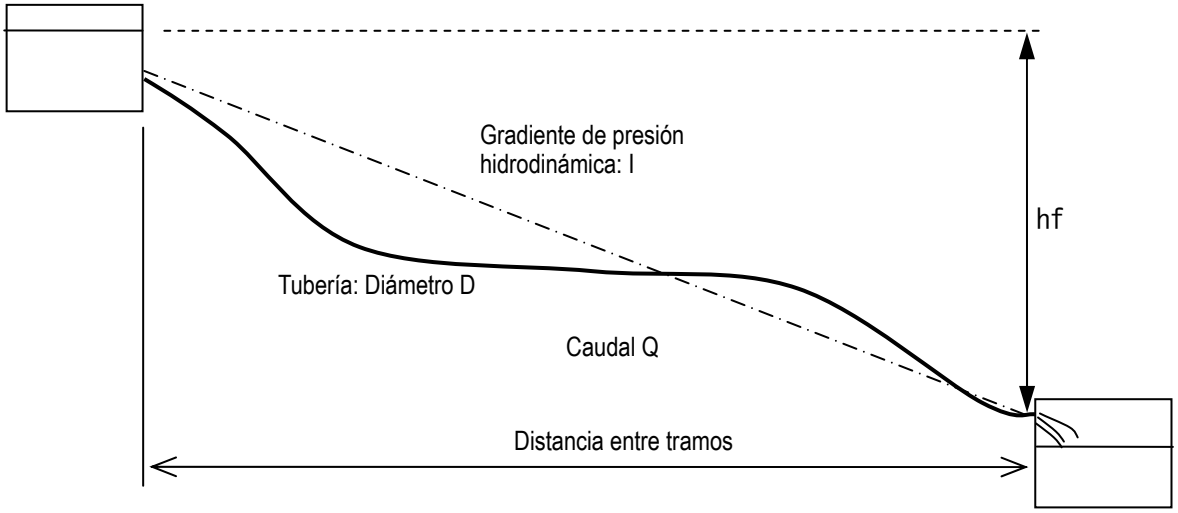


Figura 5-2 Diagrama conceptual hidráulico (2)

En este caso, al incrementar el radio del tubo que conecta los tramos de la tubería, como se muestra en el siguiente esquema, disminuye la pérdida de cabeza hidráulica por fricción y el gradiente hidráulico queda por arriba de la altura de la tubería.

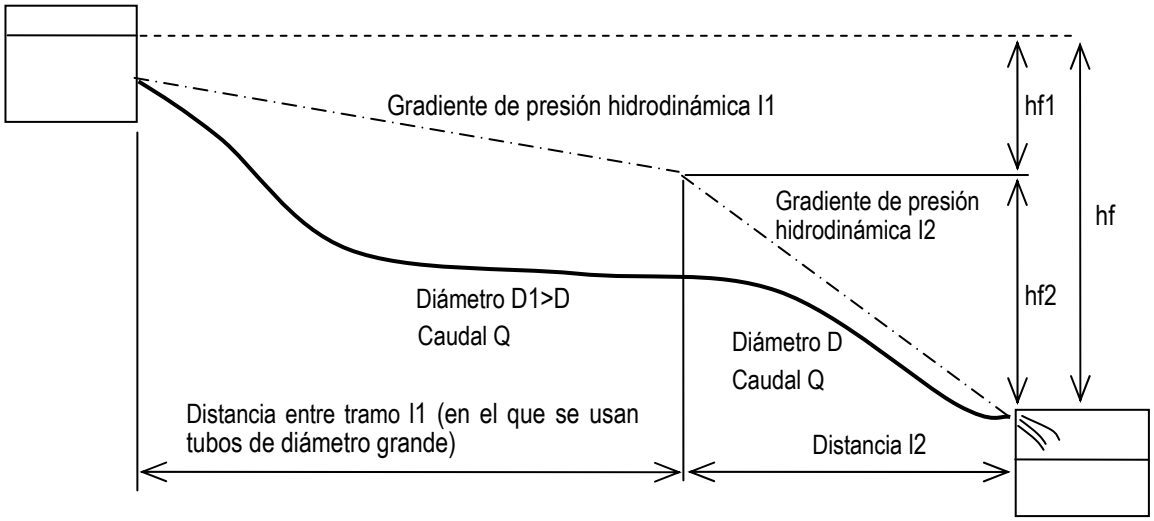


Figura 5-3 Diagrama conceptual hidráulico (3)

5.1.2 Cálculo Hidráulico de la Línea de Tubería

La tubería de conducción que transporta el agua desde la fuente hasta el tanque, normalmente, no tiene obra de derivación, por tanto, se emplea el volumen total de agua para regar todas las parcelas en el área de influencia. El material más usual es PVC, pero se podrá usar el tubo de polietileno con bajo calibre (90 mm o menos) y si dispone de suficiente presupuesto.

Se calcula la presión hidrodinámica para verificar si fluye una determinada cantidad de agua. La presión hidrodinámica se obtiene, restando la pérdida de cabeza hidráulica (principalmente, por fricción, pérdida de la válvula, etc.) del nivel de agua de la fuente.

El cálculo se hace suponiendo que los tubos estarían siempre llenos de agua, bajo un estado constante de presión sobre el fluido. La orientación del fluido es siempre del punto con máximo nivel de la energía (si es el sistema por gravedad, debería ser el máximo nivel de altura) hacia el punto con mínimo nivel de la energía. La pérdida de cabeza hidráulica en cada tramo de la tubería se calcula mediante la fórmula de Hazen-William.

Los principales parámetros utilizados en los cálculos relativos a la tubería son los siguientes:

- Diferencia del nivel (altura) de la entrada y salida del fluido de agua.
- Altitud de las rutas.
- Diámetro de los tubos.
- Longitud de las tuberías.
- Tipo de los tubos (coeficiente de rugosidad)
- Pérdida de cabeza hidráulica de los tubos.
- Pérdida ocasionadas por las válvulas u otros dispositivos.

(1) Cálculo de la Pérdida de Cabeza hidráulica por Fricción

Normalmente se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

En donde:

Hf: Pérdida de cabeza hidráulica (m)

F: Coeficiente

L: Longitud del tubo (m)

D: Diámetro (m)

v: Velocidad de flujo (m^3/s)

g: Aceleración de gravedad（9.8m/s^2）

La mayor pérdida de cabeza hidráulica de la línea de tubería es la causada por fricción, la cual es calculada mediante la fórmula de Hazen - Williams:

$V = 0.354 * C * D^{0.63} * I^{0.54}$

$Q = 0.279 * C * D^{0.63} * I^{0.54}$

$I = 10.67 * C^{-1.85} * d^{-4.87} * Q^{1.85}$

En donde:

V = Velocidad de flujo media dentro de tubería (m/s)

C = Coeficiente de rugosidad por el tipo de tubo

D = Diámetro (m)

I = Pérdida de cabeza hidráulica o de energía (m/m) = hf/L

Q = Caudal（m^3/s）

En vista de que la “pérdida de cabeza hidráulica “I” es igual a h/L,

$hf/L = 10.67 * C^{-1.85} * d^{-4.87} * Q^{1.85}$

$hf = 10.67 * C^{-1.85} * d^{-4.87} * Q^{1.85} * L$

Cuadro 5-2 Coeficiente de Rugosidad de la Línea de Tubería

Materiales	C: Hazen-Williams
Hierro fundido	130 – 140
Hormigón	120 – 140
Hierro galvanizado	120
Plástico (PVC, Polietileno)	140 – 150
Acero	140 – 150
Cerámica	110

(2) Cálculo de la Pérdida de Cabeza hidráulica Dentro de la Tubería

Según el grado de apertura de las válvulas instaladas en la línea de tubería se produce la pérdida de cabeza hidráulica, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$hv = fv \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Mientras que:

hv : Pérdida de cabeza hidráulica causada por la operación de la válvula

fv : Coeficiente (ver el cuadro de abajo)

v : Velocidad de flujo

g : Aceleración por gravedad（9.8m/s^2）

Cuadro 5-3 Coeficiente de pérdida de cabeza hidráulica por válvulas

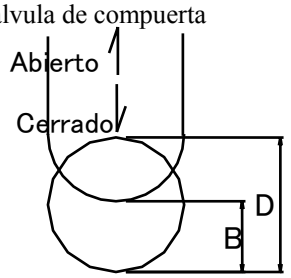
Tipo de Válvula	Grado de apertura de Válvula y valor de fv									
Válvula de compuerta (D= menos 600mm)	S/D	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
	a/A	0.05	0.10	0.23	0.36	0.48	0.50	0.71	0.81	0.89
	fv	235	100	28	11	5.6	3.2	1.7	0.95	-

Válvula de bola	θ°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Mayor a 65
	d/A	0.93	0.85	0.77	0.69	0.61	0.53	0.48	0.38	0.31	0.25	0.19	0.14	0.09	0.0
	fv	0.05	0.29	0.75	1.56	3.10	5.47	9.68	17.3	31.2	52.6	106	206	496	∞

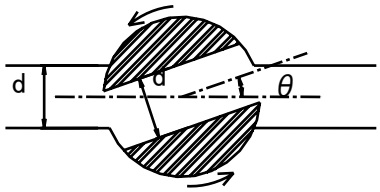
Válvula de mariposa	θ°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
	d/A	0.91	0.83	0.74	0.66	0.58	0.50	0.49	0.36	0.29	0.23	0.13	0.06	0.0
	fv	0.24	0.52	0.90	1.54	2.51	3.81	5.22	10.8	16.7	32.6	118	751	∞

Válvula de disco	$fv = (1.645 \times A/a - 1)^2$
	A: área seccional de tubo, a: área seccional de la parte cónica

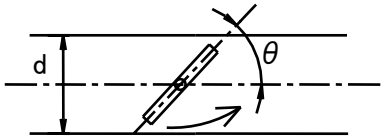
Válvula de compuerta



Válvula de bola



Válvula de mariposa



(3) Presión del Golpe de Ariete

1) Fenómeno de golpe de ariete

Cuando la velocidad de una gran cantidad de agua corriente en una tubería es interrumpida abruptamente, ocurre un violento cambio de presión dentro. Este fenómeno es llamado un golpe de ariete. Los golpes de arietes pueden tomar lugar en ambos en una tubería por gravedad o en la tubería de bombeo. Como un ejemplo, los fenómenos transitorios de golpeo de ariete son mostrados en la Figura 5-1.

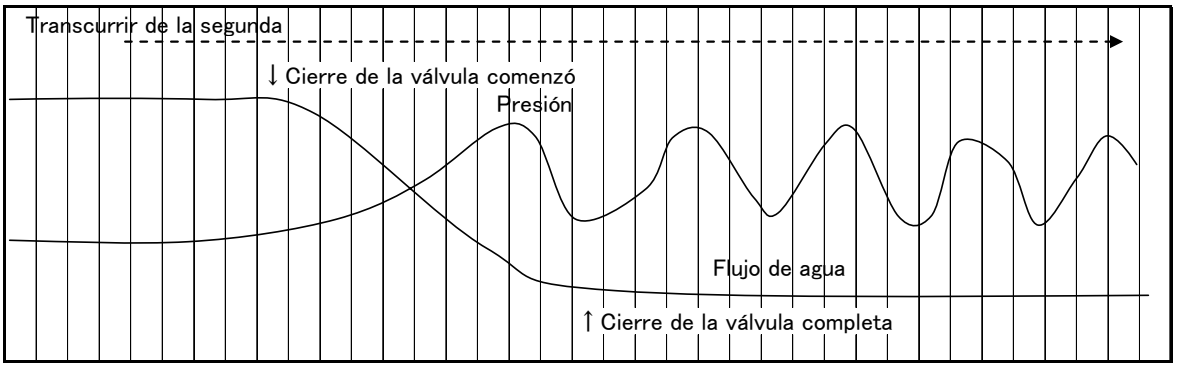


Figura 5-1 Ejemplo de fenómeno de ariete temporal después de cerrar válvula en la línea matriz de gravedad

Deben ser tomada ciertas precauciones no solamente contra aumento de presión (presión máxima), sino también contra la disminución de presión (presión minina).

Si la presión minina en cualquier punto a lo largo de la tubería va por debajo de la presión de vapor saturado de agua, la tubería estaría expuesta a una situación peligrosa a causa de la posibilidad de la separación de columna de agua. Esta separación de columna de agua debe ser evitada por el uso o bien de un tanque de estabilización, este debe instalarse en la línea de descarga de la tubería de bombeo, cámara de aire u otros medios.

2) Cálculos Simplificado Para Golpe de Ariete

a. Velocidad de onda de presión

La velocidad de onda de presión se obtiene por siguiente cálculo.

$$a = \frac{1}{\sqrt{\frac{w_0}{g}\left(\frac{1}{K} + \frac{D}{E \cdot t}\right)}}$$

Mientras que,

a : Velocidad de onda de presión (m/sec)

w_0: Peso unitario de agua (= 1 .0 tonf/m³)

g : Aceleración de gravedad (= 9.8 m/sec)

K: Tamaño del modulo de compresibilidad de agua (= 2.07×10^5 tonf/m2)

E: Módulos fresco de elasticidad para material de tubo

(Para tubo hierro dúctil = 1.6×10^7 tonf/m2)

D: Diámetro de tubo (m)

t : Espesor de pared de tubería (m)

Cuadro 5-3 Golpe de ariete en los tubos de PVC

Diámetro de tubos		PVC 120 psi		PVC 160 psi		PVC 200 psi	
pulgada	mm	t	**a**	t	**a**	t	**a**
2	50	2	**334**	2.7	**384**		
3	75	2.7	**318**	3.4	**354**	4.2	**391**
4	100	3.5	**313**	4.4	**349**	5.4	**384**
6	150	5.2	**312**	6.5	**347**	8	**382**

t: grosor de tubos (mm)

Existen algunas diferencias dependiendo en la forma en que esta construida la tubería; pero los

cálculos de acuerdo a formula dada arriba no resultara diferencias significativas.

Si el diámetro y el espesor de tubería no son semejante a lo largo de la longitud total de la línea de tubería, a_1, a_2.....an para las longitudes L_1, L_2. . . . .Ln de las partes de cuyo diámetros y los espesores de pared de la tubería son idéntico. Por lo tanto elabore el valor promedio de la longitud total de la línea de tubería de acuerdo a la siguiente formula:

$$a = \frac{L}{\sum \frac{L_n}{a_n}}$$

b. Método de cálculos simplificado por golpe de ariete causado por apertura rápida o por cierre de una válvula (en el caso T < 2L/a)

En este caso, es utilizada la formula de Joukowsky.

$$\mathrm{H - Ho} = -\frac{a}{g}(V - Vo)$$

Mientras que,

a : Velocidad de onda de presión (m/sec)

g : Aceleración de gravedad (= 9.8 m/sec)

H: Caída de agua en situación de flujo constante (m)

V_0: Velocidad de flujo en estado de flujo constante (m/sec.)

V: Velocidad de flujo en un tiempo dado después que la válvula es operada (m/sec.)

Cuando la válvula esta totalmente cerrada y V = 0, $H-H_0= a\cdot V_0/g$ es la caída adicional máxima causada por el golpe de ariete.

c. Método de cálculos simplificado para golpe de ariete causado por apertura lentamente o por el cierre de una válvula (en el caso T > 2L/a).

Como una formula de aproximación típicamente aplicada en este caso que esta bastante próximo a la formula de Allievi, esta formula esta basada suponiendo que desde el momento en que la primera onda reflexiva regresa hacia la válvula hasta que esta totalmente cerrada, la presión permanece sin cambio y que el área de apertura efectiva de la válvula sea cambiada rectilíneamente.

En esta formula, se sube la presión en el momento de cerrar la válvula, mientras que, se la baja en el momento de abrir la válvula.

$$\frac{\text{Hmax}}{\text{H}_0} = \frac{n}{2} \pm \sqrt{\frac{n^2}{4} + n}$$

$$n = \frac{L \cdot V'}{g \cdot H_0 \cdot t_v}$$

Ahora,

Hmáx: Presión de ariete generada por cerrar la válvula (m)

H_0: Presión estática en la lugar de válvula (Presión de agua en estado de flujo constante) (m)

L: Longitud de tubería (m)

V': Diferencia de velocidad entre el comienzo y la terminación de estado estacionario (m/sec.)

tv: Tiempo para abrir o cerrar válvula (sec.)

g: Aceleración de gravedad (= 9.8 m/sec.)

3) Prevención de golpe de ariete

La medida fundamental utilizada para prevenir golpe de ariete es para realizar el cambio en la velocidad de flujo tan lenta como sea posible durante el periodo de transición. Casi todos los dispositivos para la prevención de golpes de ariete son diseñados para este propósito. Estos dispositivos pueden ser clasificados dentro de los tres grupos siguientes de acuerdo a sus propósitos.

(1) Reducir el cambio en velocidad de flujo.
(2) Prevenir caída de presión
(3) Limitar aumento de presión.

Con respecto al dispositivo real para la prevención de golpe de ariete, un dispositivo simple puede ser adecuado en algunos casos y en otros casos puede ser necesario un dispositivo complicado. A pesar de todo, investigación muy cuidadosa es necesaria para asegurarse de que se adecua bien a la tubería particular a ser puesta. Aquí, solo lo esencial para la planificación es dado en la siguiente tabla.

Tabla 5-4 Como prevenir golpe de ariete

Medida	Propósito	Método concreto, atenciones
(1) Seleccionar una velocidad de flujo lenta en la tubería	Minimizar el cambio en velocidad de flujo	Una velocidad de flujo más despacio es mejor en la tubería, alrededor de 1 m/s o menos.
(2) Conducir aire dentro de la tubería de descarga	Prevención de vacío por caída de presión	(1) Suministrar una cámara de aire (2) Proporcionar una válvula de aire.
(3) Utilizar un cierre de válvula automática lento.	Evitar elevación de presión	Cerrar válvula automática lentamente. La estructura de válvulas automáticas en una distancia adoptada es que una olla de aceite liquido sea suministrada y la válvula es cerrada por un contador de flujo de agua.
(4) Suministrar una válvula de seguridad.	Prevenir elevación de presión.	Esta válvula es para la liberación de agua cuando la presión alcanza un valor especificado. Existen el tipo de peso de equilibrio y el tipo de válvulas de seguridad de resorte-cargado.

5.2 Posición y Construcción de Instalaciones de Tubería

Una ves que son establecidas las condiciones de operación y la ruta de la tubería, es importante elegir e instalar correctamente las varias clases de válvulas y otras instalaciones que aseguraran una operación confiable y económica de la tubería.

1) Válvula de aire: tiene función de evacuar aire que está en la tubería.
2) Válvula de drenaje de tierra: tiene función de evacuar tierra y otras basuras que hayan entrado en la tubería. Al abrir esta válvula y evacuar el agua de la tubería matriz, se puede parar la corriente de agua del lado abajo de la misma.
3) Válvula de control: tiene función de parar la corriente de agua de la tubería matriz.

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Influencia de condiciones externas sobre la cantidad de consumo diario de agua

(1) Suelo

Para entender el mecanismo de influencia de la condición de suelo sobre la cantidad de agua consumible para cultivos, es importante comprender las características de suelo tales como sus componentes, texturas, entre otras.

El suelo consiste en materiales inorgánicos y orgánicos, aire y agua.

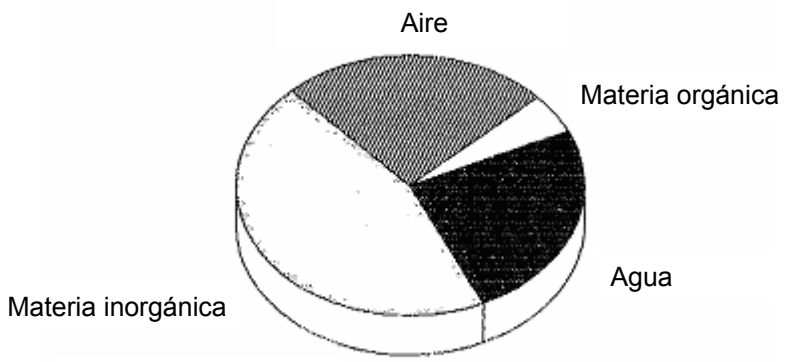


Figura A-1 Componentes de suelo

Componentes sólidos de suelo: almacenan casi todos los nutrientes que necesitan las plantas (cultivos) y tienen función de apoyar a que las raíces agarren al suelo firmemente. Los componentes sólidos consisten en la materia inorgánica y orgánica.

Aire: permite intercambiar los gases entre el atmósfera y las partes de plantas (raíz y otras).

Componente líquido: suministra el agua que las plantas (cultivos) y los microorganismos requieren, y también tiene función de ayudar transporte y absorción de nutrientes.

Las partículas sólidas se clasifican en las arenas, los limos y las arcillas (véase a la Figura A-2) y cada una de ellas tienen diferentes características químicas y físicas.

Las texturas de suelo se determinan por las proporciones de estos tres tipos de partículas. Cuando el suelo contiene alto porcentaje de arena y pocos porcentajes de limo y arcilla, se clasifica en el suelo arenoso que es aquel suelo ligero con partículas grandes. Cuando el suelo contiene altos porcentajes de arena y limo y

poco porcentaje de arcilla, se clasifica en el suelo limoso o franco limoso. Cuando el suelo contiene altos porcentajes de limo y arcilla y poco porcentaje de arena, se clasifica en el suelo arcilloso que es aquel suelo pesado con partículas pequeñas.

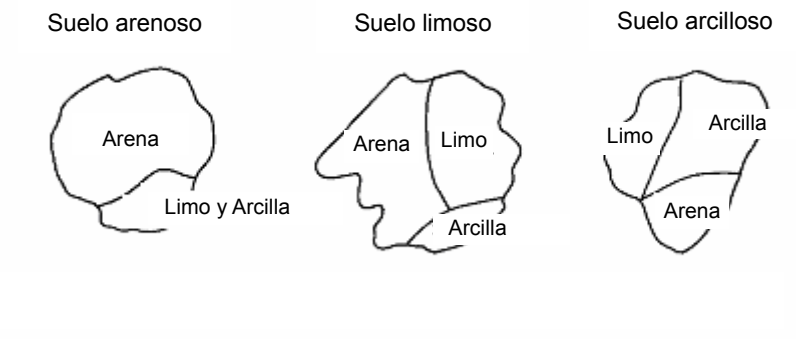


Figura A-2 Tipo de suelo según proporciones de arena, lomo y arcilla

Las características de suelo se definen por su textura, y dentro de ello, la influencia sobre la capacidad de retención de humedad es el factor más importante en la agricultura bajo riego. El suelo arcilloso tiene más alta capacidad de retención de humedad que el suelo arenoso y limoso. Es decir, cuando el suelo es arcilloso, el riesgo de falta de agua es menor. Por otro lado, en el caso de suelo arcilloso, el riesgo de enfermedad y deficiencia en respiración.

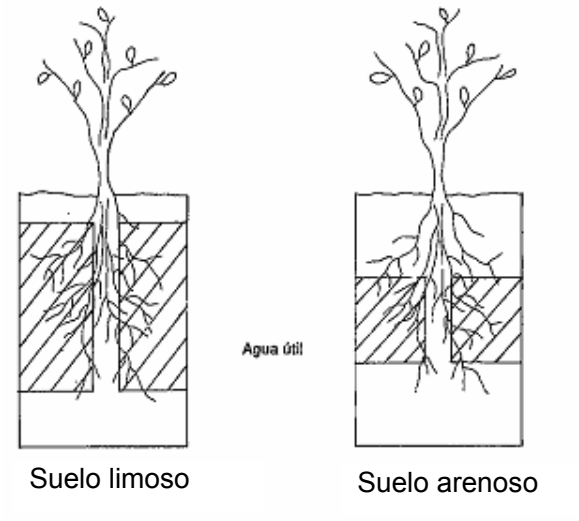


Figura A-3 Diferencia de capacidad de retención de humedad entre el suelo arenoso y el arcilloso

(2) Clima

Las condiciones climáticas que influyen a la cantidad de requerimiento de agua de los cultivos son: rayo solar, temperatura, viento y precipitación.

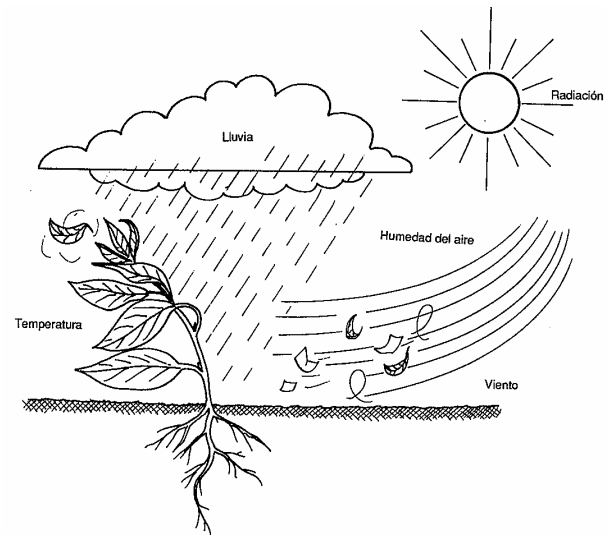


Figura A-4 Factores climáticos que influyen a la cantidad de requerimiento de agua de los cultivos (rayo solar, viento, temperatura y lluvia)

Rayo solar: A medida que sea mayor la cantidad e intensión del rayo solar, el riesgo de falta de agua es mayor.

Viento: A medida que sea mayor la velocidad de viento, la evaporación desde el suelo y la trans-evaporación desde las plantas son mayores, de tal manera que se aumenta la demanda de riego.

Temperatura : A medida que sea más alta la temperatura, la evaporación desde el suelo y la trans-evaporación desde las plantas son mayores, de tal manera que se aumenta la demanda de riego.

Humedad atmosférica: A medida que sea más seco el aire, la evaporación desde el suelo y la pérdida de agua por transpiración de las plantas son mayores, de tal manera que se aumenta el riesgo de falta de agua.

Precipitación: ésta influye directamente a la cantidad de agua que requieren las plantas (cultivos).La precipitación efectiva para cultivo es de 20mm. Por ejemplo, cuando hubo 20mm de precipitación las plantas pueden aprovechar solamente 5mm.

(3) Cantidad de agua demandada por las plantas (cultivos)

Según los resultados obtenidos por ensayos anteriores, en la época en que la mayoría de los cultivos anuales y los frutales están requiriendo más agua, la cantidad de agua demandada por las plantas es igual que la cantidad de agua que evapora de la Bandeja Evaporimétrica Clase A, el aparato mencionado en la sección de cálculo de cantidad de consumo diario. En caso de cultivo de arroz, la cantidad demandada de agua es 30% mayor que la cantidad de evaporación de este aparato.

En el siguiente cuadro, se muestran los datos de las cantidades necesarias de agua para riego en la época en que las plantas consumen más agua en el año.

Cuadro A-1 Cantidad de agua para riego según modalidad de riego en la época de la demanda más alta

Unidad: m^3/día/tarea

Cultivo	Micro-aspersor	Goteo
Berenjena	2.60	1.21
Tomate	2.87	1.33
Zanahoria	2.60	1.21
Repollo	2.60	1.21
Cebolla	2.53	1.16
Aguacate	2.14	ー

* Ejemplo de Micro-aspersor: Espacio 6m x 6m, 70ℓ/hora/unidad

* Ejemplo de Goteo: Espacio entre los surcos de 0.8m, Espacio entre plantas de 0.5m, 1.6ℓ/hora/unidad

JICA