

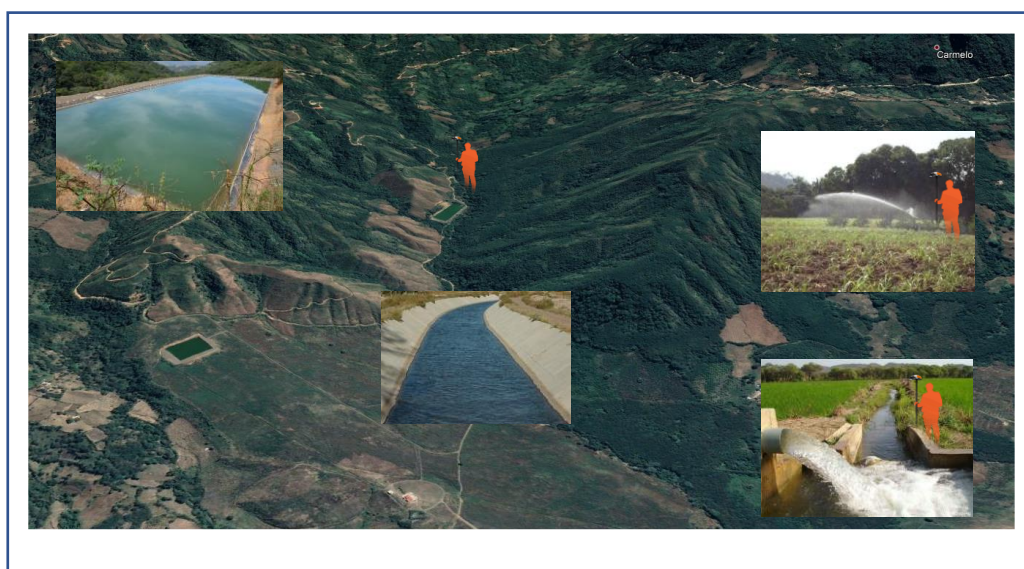
Contribución de la **Unión Europea**
complementaria al **Proyecto de Irrigación**
Tecnificada para pequeños y medianos
productores y productoras



ESCUELA NACIONAL
DE IRRIGACIÓN
PARCELARIA

PROGRAMA ASESORA / ASESOR EN RIEGO INTEGRAL PARCELARIO

CURSO DE ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICOS INTEGRALES EN TERRITORIOS BAJO RIEGO



Módulo 3. Diseño y Elaboración de un Diagnóstico Integral en Etapa de Factibilidad

Descripción detallada de la infraestructura de riego

Randon Ortiz Calle

2020



Contenido

I.	RESULTADOS DE APRENDIZAJE.....	3
II.	INTRODUCCIÓN	4
III.	DESARROLLO DE LA UNIDAD	5
	CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	5
	Generalidades del diagnóstico	6
	Descripción de la infraestructura hidráulica de los sistemas de riego	9
	<i>Bocatomas</i>	9
	<i>Desarenador</i>	10
	<i>Red de canales</i>	13
	<i>Obras de transporte en canales</i>	17
	<i>Obras de regulación y de distribución en canales</i>	17
	<i>Obras de almacenamiento</i>	18
	<i>Redes de conducción en tuberías</i>	20
	<i>Válvulas de control</i>	21
	<i>Tomas de entrega al agricultor en tuberías</i>	23
	<i>Estaciones de bombeo</i>	24
	CAPÍTULO 2. EFICIENCIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE RIEGO	26
	Eficiencia de conducción	26
	Eficiencia de distribución.....	28
	Eficiencia de aplicación	30
IV.	CONCLUSIONES	37
V.	ABREVIATURAS.....	38
VI.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	38
	UNIDADES IMPORTANTES	39
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	40
VIII.	ANEXOS	41
	ANEXO 1. Ejemplo de levantamiento detallado de la información de campo de un sistema de riego	41
	Formato 1. Bocatoma	48
	Formato 2. Desarenador	49
	Formato 3. Red de canales de riego	50
	Formato 4. Red secundaria de canales de riego	51
	Formato 5. Red terciaria de canales de riego	52
	Formato 6. Reservorios	53
	Formato 7. Red principal de tuberías	54
	Formato 8. Red secundaria de tuberías.....	55
	Formato 9. Red principal de tuberías	56



I. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar el análisis de esta guía el participante será capaz de:

- Distinguir los componentes y las partes que conforman una estructura hidráulica
- Desarrollar los procedimientos para procesar la información de campo
- Aplicar diferentes metodologías para determinar la eficiencia de conducción en un sistema de riego
- Usar diferentes metodologías para determinar la eficiencia de distribución y aplicación en un sistema de riego



II. INTRODUCCIÓN

El levantamiento detallado de la infraestructura hidráulica existente en un sistema de riego es un proceso muy importante desde el punto de vista técnico y social, puesto que permite conocer tres parámetros fundamentales interrelacionados con la gestión del riego, como: la infraestructura hidráulica, su operación y el mantenimiento, las cuales permiten determinar el grado de servicio realizado por la organización de regantes.

Muchos sistemas de riego en el Ecuador cumplieron su vida útil y la infraestructura presenta problemas por filtraciones en la red de canales y a través de las estructuras hidráulicas como son: sifones, caídas, rápidas, compuertas, entre otras, fenómeno que afecta al área regada con la disminución de los caudales y las áreas aledañas, en donde se producen las filtraciones, con deslizamientos, derrumbes, incluso con hundimientos en sectores con suelos arcillosos (tal como ocurre en el sistema de riego Malacatos en la Provincia de Loja).

El estado de la infraestructura hidráulica, la operación y el mantenimiento, influyen directamente en la eficiencia de conducción y de distribución del agua.

La eficiencia de conducción depende exclusivamente del mantenimiento de los canales y de las estructuras hidráulicas y está relacionada con la pérdida de caudal en un tramo de un canal. Estas pérdidas se producen por evaporación directa desde el espejo de agua, percolación a través de la sección del canal, filtraciones por las compuertas, desbordamientos, entre otros factores.

La eficiencia de distribución depende de la operación de las estructuras hidráulicas. El tiempo de apertura de una compuerta es definida por la organización de riego en función del tamaño de la parcela y de las necesidades hídricas de los cultivos. Para que la uniformidad de distribución sea alta, se requiere tener actualizado el catastro, los cultivos en explotación y el caudal de ingreso a la parcela, esto ayudará a garantizar una entrega equitativa del agua a los usuarios.

La eficiencia de aplicación está en función de varios factores como: caudal de entrega en parcela, tamaño de la parcela del agricultor, textura del suelo, pendiente del terreno y manejo del agua a nivel de parcela. El riego por goteo presenta altos valores de eficiencia de aplicación (90-95%), riego por aspersión valores medios (55-75%) y riego por surcos los valores más bajos (35-55%).



III. DESARROLLO DE LA UNIDAD

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

Caso sistema de riego Tumbaco

Una vez que se ha realizado la etapa de campo en el diagnóstico de prefactibilidad, es necesario pasar a una etapa de detalle de la información, que requiere una etapa de gabinete y de campo. En la primera etapa, se debe recopilar información, cartografía y diseñar la estrategia de campo, en tanto que, en la segunda etapa, se debe realizar recorridos para analizar los diferentes componentes de las estructuras que conforman el sistema de riego.

Así, a través de recopilación de información y recorrido por el sistema de riego Tumbaco, se identificó que cuenta con una bocatoma tipo barraje fijo, desripiador, desarenador y compuertas para el control del flujo de agua. La bocatoma es un barraje de tipo fijo, cuenta con: muros de protección (margen izquierda), un desripiador y un desarenador. La compuerta de entrada al sistema de riego es de tipo metálica con tornillo sin fin, de 1,5 metros de ancho por 1,8 metros de alto. El caudal de captación es de 1,2 metros cúbicos por segundo. La estructura de la bocatoma se encuentra en buen estado, excepto el colchón amortiguador, el cual se encuentra erosionado y necesita rehabilitarse.

El desarenador existente en el sistema de riego Tumbaco es del tipo tradicional. El ancho del desarenador fue de 5,0 metros de ancho por 15,0 metros de longitud. La profundidad del cajón desarenador varía de 1,5 a 3,5 metros. Para el lavado del desarenador existe una compuerta metálica con tornillo sin fin de 1,8 metros de ancho por 3,5 metros de alto. La longitud de la cresta del vertedero de salida del desarenador es de 5,0 metros. Las paredes del desarenador son de mampostería de piedra de 0,4 metros de ancho. La estructura del desarenador se encuentra en buen estado físico y tiene un mantenimiento regular. El desarenador se limpia en forma semanal.

La red de canales está conformada por 21,76 km de canales principales, 48,61 km de canales secundarios y 178,69 km de canales terciarios. La red de canales tiene una sección no revestida de forma irregular. La eficiencia de conducción promedio fue del 76% y la eficiencia de distribución del agua del 45%. Existe acumulación de materiales en el cauce, lo cual provoca desbordamientos en los canales ubicados en las partes bajas.

En la red de canales del sistema de riego, se encontraron 9 túneles, 12 sifones y 7 medidores de caudal tipo vertedero triangular. Las estructuras se encuentran en buenas condiciones de operación. A la entrada de los sifones se recomienda construir un desarenador con pantallas para la retención del material flotante y construir alrededor de estas estructuras una malla.

También existen 7 compuertas principales, son metálicas con tornillo sin fin, de 1,2 metros de ancho por 1,6 metros de alto. Las compuertas se encuentran en buen estado, no existen filtraciones. Las compuertas operan bajo la modalidad abierta - cerrada y no cuentan con las estructuras hidráulicas para la medición y regulación de caudales.

La eficiencia de conducción promedio fue del 76% y la eficiencia de distribución del agua del 45%. El método de riego por surcos cubre un 85% del área total del sistema de riego.



Generalidades del diagnóstico

La determinación de la infraestructura hidráulica de un sistema de riego es fundamental dentro de los procesos de operación, mantenimiento, rehabilitación, modernización y tecnificación. En este proceso se deben identificar tres fases de trabajo: i) la fase de gabinete; ii) de campo y ii) de procesamiento de la información.

En la fase de gabinete se deben ejecutar y preparar las siguientes actividades:

- Obtención de planos del proyecto (áreas de riego, esquema hidráulico, estructuras hidráulicas y memorias técnicas, catastros, estudios técnicos, entre otros)
- Identificación y ubicación del área a tecnificarse
- Planificación del recorrido del trabajo de campo
- Identificación de metodologías a utilizar para realizar mediciones de campo

En la fase de campo, se debe levantar la información sobre el estado actual de la infraestructura hidráulica, desde la bocatoma hasta el área de la unidad terciaria a tecnificarse, en el siguiente orden:

1. Bocatoma (Formato 1)
2. Desarenador (Formato 2)
3. Red principal de canales (Formato 3) o de tuberías (Formato 7)
4. Obras de conducción y de distribución en la red para el caso de canales y valvulería para tuberías (Formato 3 y 7)
5. Red secundaria de canales (Formato 4) o de tuberías (Formato 8)
6. Obras de conducción y de distribución en la red para el caso de canales y valvulería para tuberías (Formato 4 y 8)
7. Red terciaria de canales (Formato 5) o de tuberías (Formato 9)
8. Obras de conducción y de distribución en la red para el caso de canales y valvulería para tuberías (Formato 5 y 9)
9. Obras de equipamiento de riego tecnificado (Formato 9)
10. Sistemas de bombeo (para sistema de riego en la costa) (Formato 9)
11. Otras obras complementarias: instalaciones eléctricas, caminos.

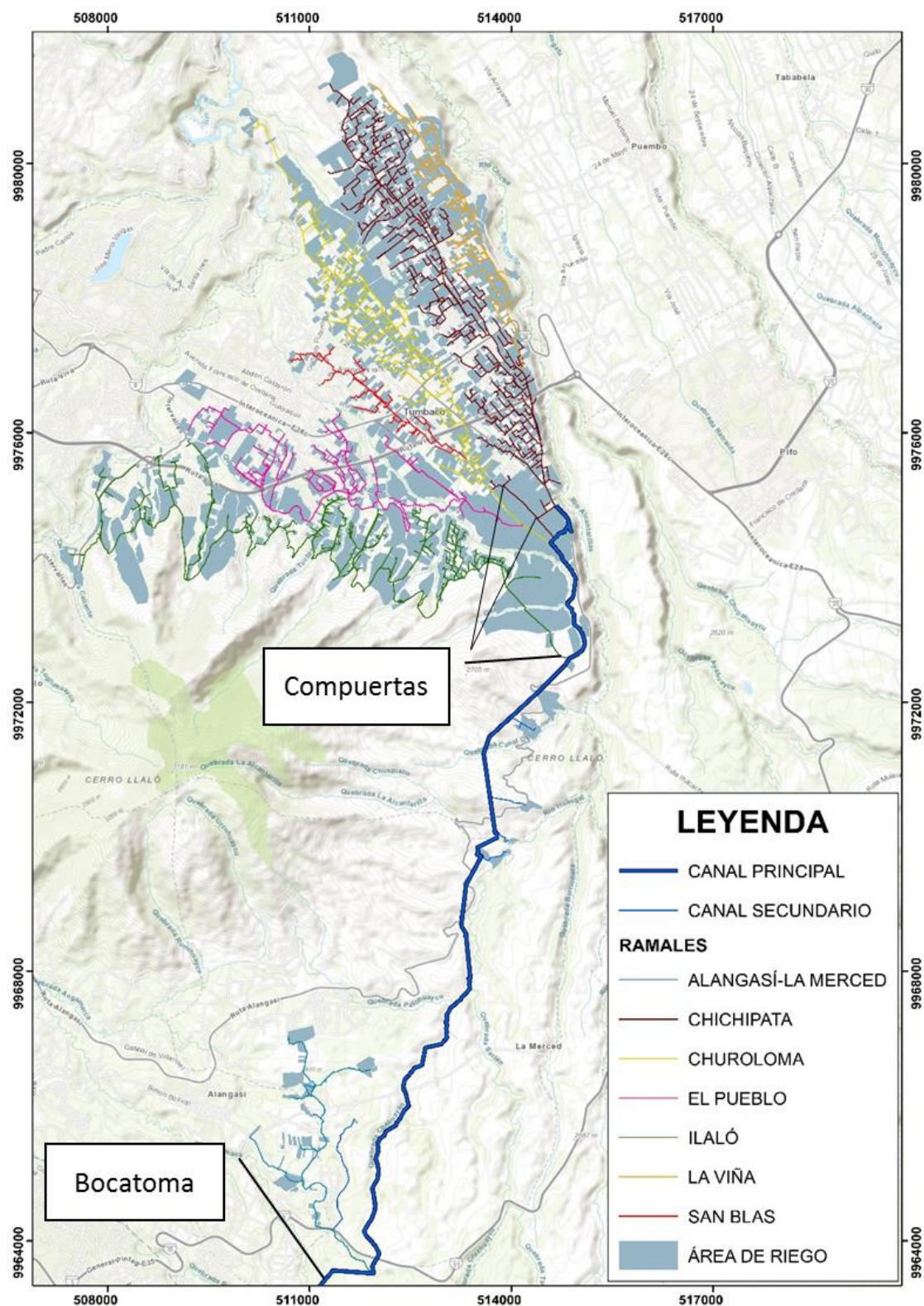
En la etapa de procesamiento de la información, se debe trabajar en las siguientes temáticas:

- Preparación de mapas y planos
- Calcular caudales y las eficiencias de conducción, distribución y aplicación
- Preparación de memorias e informes
-

La ética profesional en esta etapa del proyecto es de vital importancia para asegurar un óptimo funcionamiento del sistema de riego, en este sentido, no se deben alterar los resultados de campo para beneficiar a una organización, debido a que, cuando el proyecto se ejecuta, la realidad es otra y los beneficiarios se ven perjudicados.

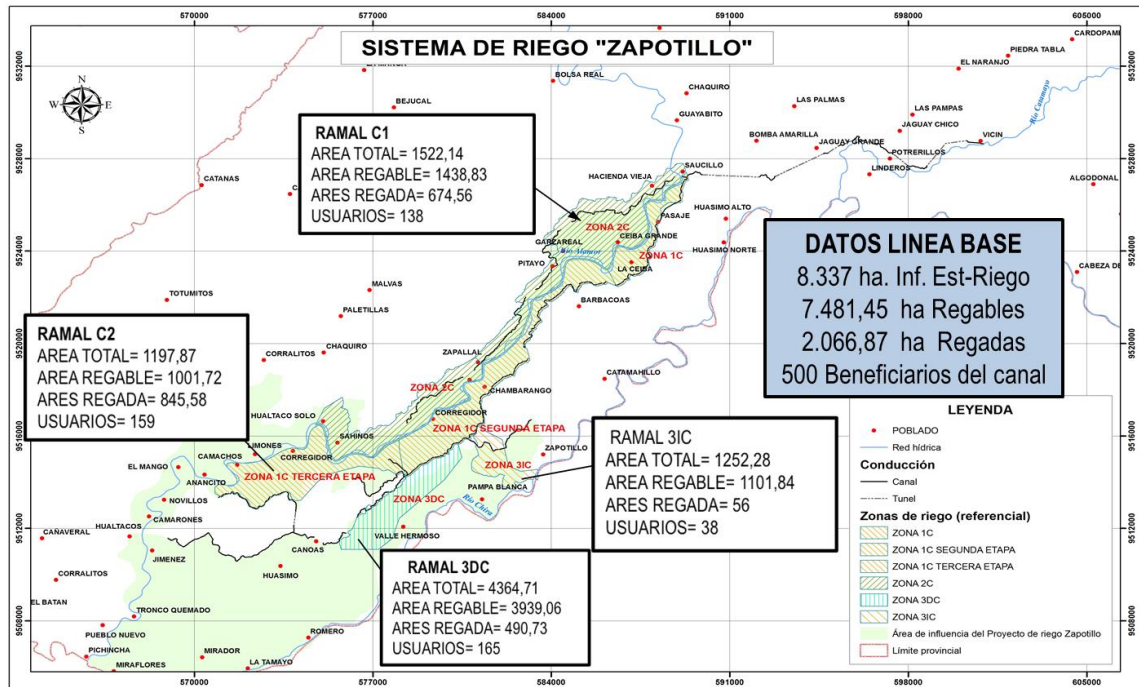
En lo que respecta a la medición de caudales y cálculo de las eficiencias de conducción y de distribución, es mejor hacerlas en la época crítica o de estiaje, considerando que para esta situación se diseñó el sistema de riego.

Ejemplo: en la Figura 1 se presenta un mapa general con el levantamiento de la información de campo del sistema de riego Tumbaco (ubicado en la provincia de Pichincha); en la Figura 2, del sistema de riego Zapotillo (ubicado en la provincia de Loja) y en la figura 3, del sistema de riego Vilcabamba (ubicado en la provincia de Loja); la Figura 2 presenta una información general completa del sistema de riego.



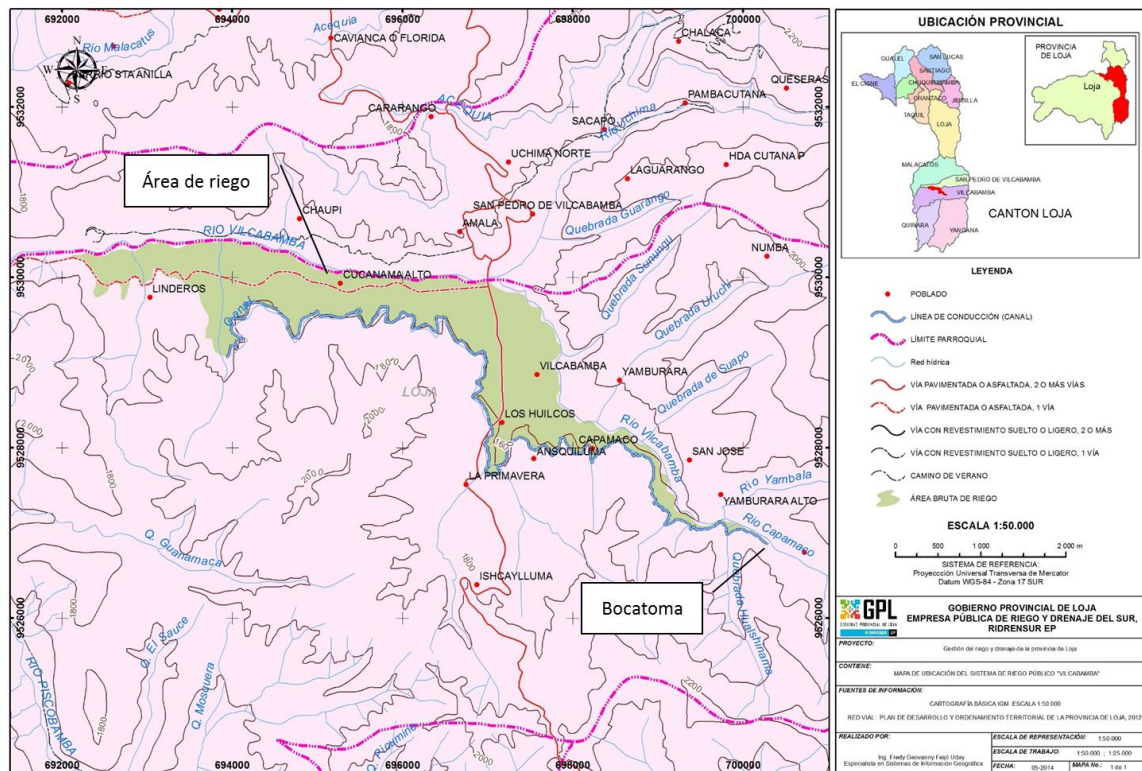
Fuente: Montufar *et al.*, 2017.

Figura 1. Plano general del sistema de riego Tumbaco.



Fuente: RIDRENSUR EP., 2015.

Figura 2. Plano general del sistema de riego Zapotillo.



Fuente: RIDRENSUR EP., 2015.

Figura 3. Plano general del sistema de riego Vilcabamba.

Descripción de la infraestructura hidráulica de los sistemas de riego

Bocatomas

Las bocatomas son estructuras que hidráulicamente están diseñadas para derivar un caudal de riego en la época de estiaje y estructuralmente para soportar las fuerzas hidrostáticas generadas por las máximas avenidas o crecidas.

Existen diversos tipos de captaciones, las cuales se diseñan en función de la configuración topográfica del terreno, siendo los componentes más importantes y los que deben inventariarse los siguientes: barraje fijo o móvil, muros de encauzamiento, colchón de amortiguamiento o zampeado, ventana de captación (lateral o de fondo), canal de aducción, desripiador y desarenador, como se muestra la Figura 4.

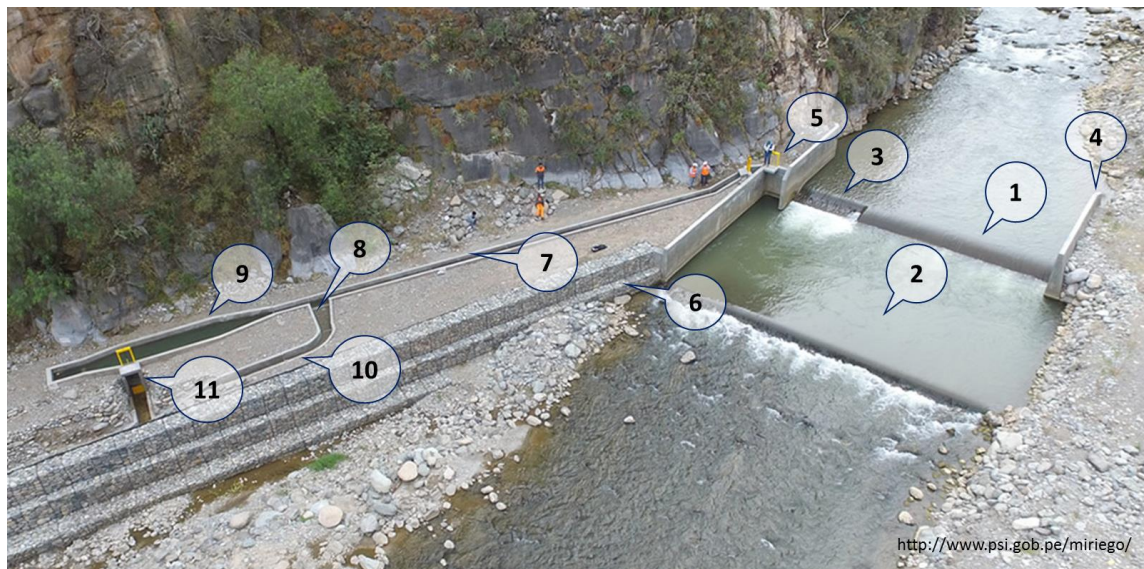


Figura 4. Componentes de una bocatoma

El detalle de los componentes se presenta a continuación:

1. Esta estructura es un *vertedero transversal* a la dirección del flujo que permite elevar el nivel del agua en el río. Se conoce con los siguientes nombres: barraje fijo, azud, cimacio o presa derivadora y es una estructura de hormigón armado o ciclopeo.
2. *La poza existente aguas abajo* del azud cumple la función de amortiguar el salto hidráulico que produce el flujo del agua sobre el vertedero y se conoce como zampeado. En esta estructura se construyen los drenes para reducir la presión hidrostática generada por las líneas de corriente que produce el vertedero.
3. *Ventana de captación*, es un orificio de forma rectangular, puede estar construida en el azud o en forma lateral y en su estructura contiene barras metálicas para impedir el ingreso de material flotante y piedras de tamaño pequeño. Por este orificio ingresa el agua hacia el desripiador o al canal de aducción.
4. *Muros de ala*, sirven para encauzar el flujo aguas arriba del azud y para proteger tanto el azud como el pozo de amortiguamiento.



5. *Compuerta de control*, sirve para controlar el ingreso del agua al canal de aducción, especialmente cuando se requiere realizar labores de mantenimiento y permite cerrar el flujo del agua en la temporada invernal.
6. *Muro de gaviones*, en función de la topográfica del área de construcción de la bocatoma se requieren construir obras de protección como los muros de gaviones, los cuales protegen a la estructura hidráulica de la socavación que produce el agua en invierno.
7. *Canal de aducción*, permite transportar el agua desde la ventana de captación hasta el desarenador, es un canal de hormigón, normalmente de sección rectangular con pendientes altas.
8. *Vertedero de excesos*, permite evacuar el exceso de agua que ingresa por la ventana de captación, especialmente durante la estación invernal.
9. *Desarenador*, esta estructura permite decantar las arenas para evitar la colmatación de la red de canales o de tuberías.
10. *Canal de drenaje* de los excesos de agua derivados a través del vertedero de excesos.
11. *Compuerta lateral* para la limpieza del desarenador.

De una bocatoma se requiere conocer:

1. Coordenadas de ubicación
2. Dimensiones de la ventana de ingreso del agua
3. Estado actual
4. El caudal que ingresa por la ventana, puede medirse en el canal de aducción

Las fotos y los planos constituyen una información muy importante en el procesamiento de la información.

La información a levantarse en una bocatoma se puede presentar igual a lo propuesto en el Formato 1.

La metodología para medir caudales se presentó en la guía de infraestructura hidráulica – fase de prefactibilidad.

Desarenador

Los desarenadores están dimensionados para decantar sólidos en suspensión de cierto tamaño. La mayoría se han diseñado para decantar arena con un diámetro de 4,0 mm. Para riego parcelario tecnificado, el diámetro a decantar del sólido es de 0,1 mm y se debe implementar dos pantallas adicionales, una al inicio y otra al final del tanque desarenador (Figura 6).

Un desarenador está conformado por una compuerta de entrada, un canal tipo bypass, dos transiciones (una de entrada y otra de salida), por el tanque desarenador, una compuerta para la limpieza del desarenador y un vertedero de salida; en algunos casos en esta estructura se encuentra ubicado el vertedero de excesos (Figuras 5 y 6).

La información a levantarse en un desarenador se presenta en el Formato 2.



Figura 5. Componentes de un desarenador convencional

En la figura 5 se presenta un desarenador convencional y los principales componentes son:

1. *Compuerta de entrada*, sirve para cerrar el flujo del agua desde la ventana de captación.
2. *El ancho del desarenador* se dimensiona para incrementar el área de flujo y reducir la velocidad del agua.
3. *La longitud del desarenador* depende del caudal de ingreso y se dimensiona para la decantación de las arenas. La profundidad del tanque desarenador se dimensiona para generar la caída de las arenas.
4. Es el *vertedero de salida del desarenador*, su longitud esta dimensionada para mantener una carga hidráulica uniforme en el tanque desarenador.
5. La *compuerta de salida* es utilizada para drenar y lavar el tanque desarenador.



Figura 6. Componentes de un desarenador para riego tecnificado

En la Figura 6 se presenta un desarenador para riego parcelario tecnificado y los principales componentes son:

1. *Compuerta de entrada*, sirve para cerrar el flujo del agua desde la ventana de captación.
2. El *ancho del desarenador* se dimensiona para incrementar el área de flujo y reducir la velocidad del agua.
3. La *longitud del desarenador* depende del caudal de ingreso y se dimensiona para la decantación de las arenas.
4. Es una *pantalla de hormigón armado ubicada al inicio del tanque* desarenador para reducir la energía del agua.
5. Es una *pantalla de hormigón armado ubicada a la salida del tanque* que sirve para retener el material flotante.
6. Es el *vertedero de salida* del desarenador.
7. *Canal bypass* para no parar el flujo del agua mientras se realizan trabajos de limpieza del desarenador.
8. La *compuerta de salida* es utilizada para drenar y lavar el tanque desarenador.



De un desarenador se requiere conocer:

1. Coordenadas de ubicación
2. Dimensiones del tanque desarenador: ancho, longitud y profundidad; para medir la profundidad, se debe cerrar la compuerta de entrada al desarenador y abrir la compuerta de lavado
3. Estado actual

La información a levantarse en el desarenador puede presentarse igual a lo propuesto en el Formato 2.

Red de canales

Dentro del área de riego, los canales están integrados en una red primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Los canales pueden ser revestidos o no revestidos; como revestidos se identifica a los canales en los cuales su sección es de materiales como hormigón, mampostería, manto de hormigón o geomembrana y los canales no revestidos son aquellos en los cuales el agua fluye en contacto con la tierra.

Los canales revestidos pueden tener secciones rectangulares, trapezoidales, triangulares y circulares; en Ecuador, la mayoría de las secciones de los canales son del tipo rectangular y trapezoidal (Figura 7).

Los componentes principales de una sección del canal son (Figura 7):

1. *Canal revestido* de sección trapezoidal.
2. *Pared inclinada del canal*; esta pared tiene un talud (1:m), en donde m es la distancia vertical del extremo de la solera con el tope superior del canal.
3. La *profundidad total del canal* se mide desde la solera hasta el borde o tope superior de la pared del canal.
4. Es el *ancho superior del canal*, la distancia entre los bordes superiores de las paredes del canal.
5. Se conoce como *solera* o base del canal.
6. La profundidad que existe entre el espejo de agua y la solera, se conoce como *tirante*, también conocido como altura de agua en el canal.

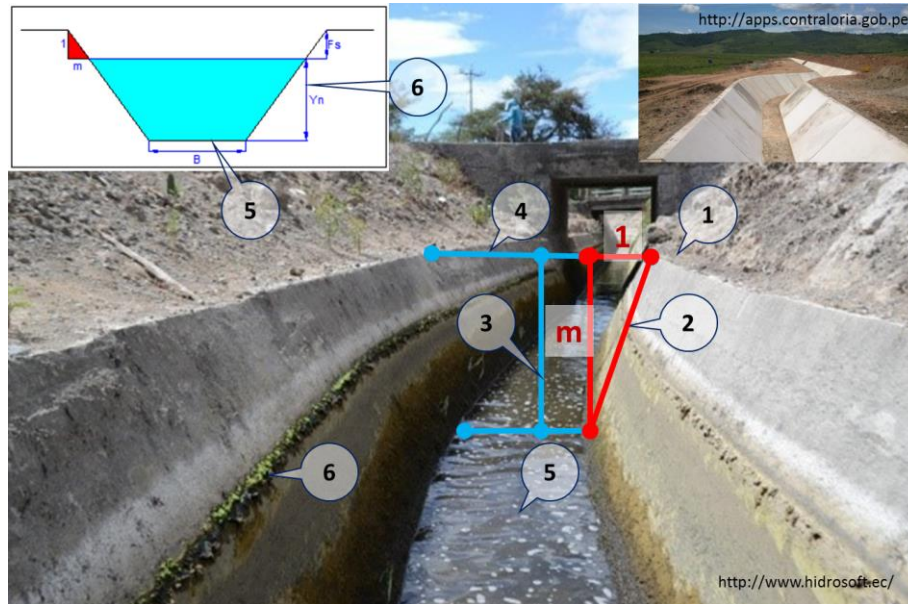


Figura 7. Componentes de la sección de un canal trapezoidal.

Para el levantamiento de la información detallada de una red de canales, primero se debe entender como está configurada una red, empezando desde un tramo o una sección (ver Figura 8a). Un tramo se caracteriza por tener una misma sección transversal y en dicho tramo no existen derivaciones a otros canales, ni se producen ingresos de caudales desde otras fuentes. Un tramo puede contener la siguiente información:

1. Sección transversal igual, de principio a fin.
2. Longitud entre las abscisas de los nudos inicial y final.
3. Caudal inicial y un caudal ligeramente menor al final de la sección.
4. Estructuras hidráulicas de transporte (sifón, acueductos, rápidas, caídas, vertederos, etc.).

Un tramo o sección del canal está comprendida entre dos nudos. Un nudo puede ser cualquier estructura hidráulica como: desarenador, compuertas u otras estructuras hidráulicas. Un nudo puede contener la siguiente información técnica:

1. Abscisa y coordenadas X, Y, Z.
2. Sección (trapezoidal, rectangular).
3. Caudal.
4. Estructura hidráulica de derivación (compuertas, partidores, etc.).

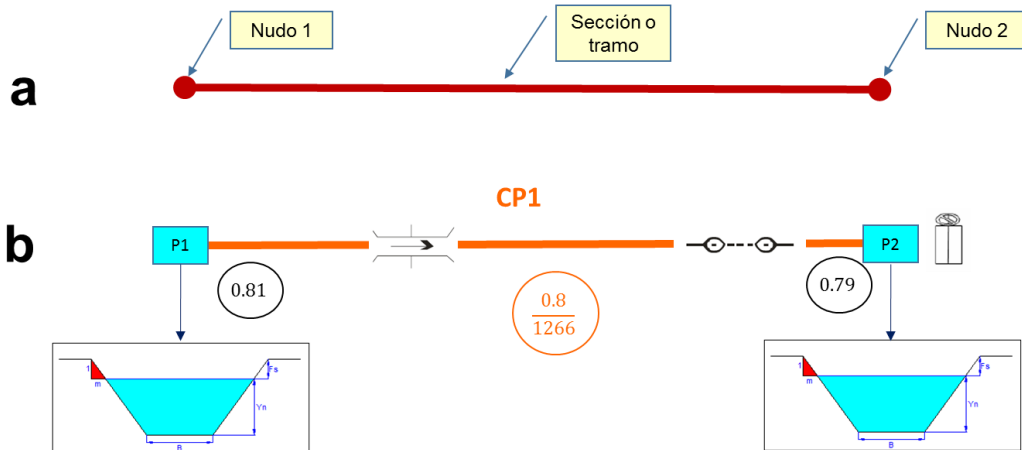


Figura 8. Tramo de un canal: a) esquema general; b) croquis detallado.

En la Figura 8b se observa que el tramo principal del canal (CP1) se encuentra entre los nudos P1 y P2, en este caso, el nudo P1 corresponde al desarenador con un caudal medido en $0,81 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y el nudo P2 a una estructura hidráulica de derivación (compuertas) con un caudal de $0,79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Ambos nudos cuentan con sus respectivas abscisas y coordenadas X, Y y Z. La longitud del tramo es de 1266,0 metros, con un caudal promedio de $0,80 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; en este tramo existen un acueducto y un sifón, ubicados a una determinada abscisa y coordenadas geográficas. Bajo este esquema, se procesa toda la información para los ramales secundarios y terciarios.

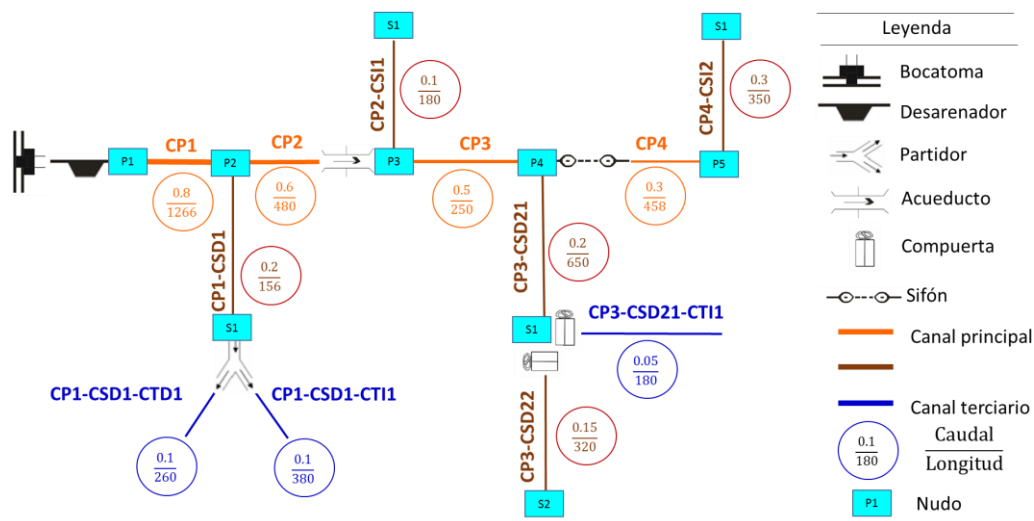
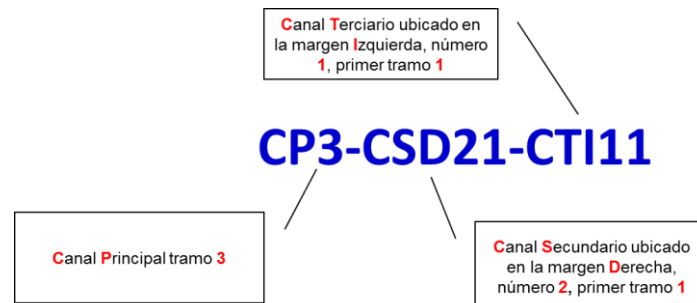


Figura 9. Diagrama unifilar de una red de canales (sin escala).

En la Figura 9 se presenta la codificación de una red de canales, todo tramo debe tener una nomenclatura y está comprendido entre dos ramales consecutivos. Para el canal principal se utilizan las letras CP, para el canal secundario CS y para el canal terciario CT. En el sentido de la dirección del flujo del agua, la nomenclatura a utilizarse para los canales secundarios ubicados en la margen derecha del canal principal es la letra "D" y para aquellos ubicados en la margen izquierda la letra "I" y así sucesivamente con el resto de la red de canales.

En el canal principal se observan 4 secciones (CP1, CP2, CP3 y CP4), cada sección se caracteriza por tener caudales y longitudes diferentes; se observan dos canales secundarios ubicados en la margen derecha y dos canales en la margen izquierda.

El primer canal secundario ubicado en la margen derecha del canal principal se ha identificado como CP1-CSD1, esto significa que aguas arriba de este ramal o canal secundario se encuentra la primera sección del canal principal y es el primer canal lateral ubicado en la margen derecha. El segundo canal secundario ubicado en la margen derecha del canal principal cuenta con dos secciones (CP3-CSD21 y CP3-CSD22) y se encuentra ubicado aguas abajo del tramo 3 del canal principal (Figura 10).



Fuente: Depeweg, 2002.

Figura 10. Codificación de los tramos de los canales.

En sistemas de riego existentes, el canal secundario toma el nombre de los poblados principales por los cuales cruza su trazado, por ejemplo, el segundo canal ubicado en la margen izquierda del canal principal Tumbaco se conoce como ramal Ilaló, con este nombre la codificación sería: CP2-CID2 o CP2-RID2.

Para el levantamiento total de la información de un sistema de riego se debe empezar desde la bocatoma en dirección aguas abajo, luego el desarenador y se continúa con la red principal, secundaria y terciaria de canales; el orden en el cual se levanta la información es la siguiente:

1. Red principal de canales; tramos, estructuras hidráulicas y medición de caudales.
2. Red secundaria de canales; tramos, estructuras hidráulicas y medición de caudales.
3. Red terciaria de canales; tramos, estructuras hidráulicas y medición de caudales.

En los formatos 3, 4 y 5, se presenta la información para el levantamiento de la información de campo.

De una red de canales se requiere conocer:

1. Definir el nudo inicial del canal, podría ser el inicio del canal ubicado aguas abajo del desarenador; medir las coordenadas geográficas, el caudal, las dimensiones del canal y la profundidad del agua.
2. Desplazarse siguiendo el trayecto del canal (aguas abajo) hasta encontrar una derivación a un canal secundario.
3. 10 metros aguas arriba de la derivación, se ubicaría el nudo 2 o punto final del tramo, en este nudo se deben medir: las coordenadas geográficas, el caudal, las dimensiones del canal y la profundidad del agua.

La información a levantarse la red de canales puede presentarse igual a lo propuesto en los formatos 3, 4 y 5. Formato 3.

Obras de transporte en canales

Las obras de transporte en canales son estructuras hidráulicas que permiten salvar desniveles y/o relieves topográficos críticos con el uso de acueductos (Figura 11a), sifones (Figura 11b), rápidas (Figura 11c), caídas (Figura 11d), etc.; respecto de estas estructuras, en el inventario se debe levantar la información relacionada con la abscisa, las coordenadas geográficas y observar y medir las filtraciones.

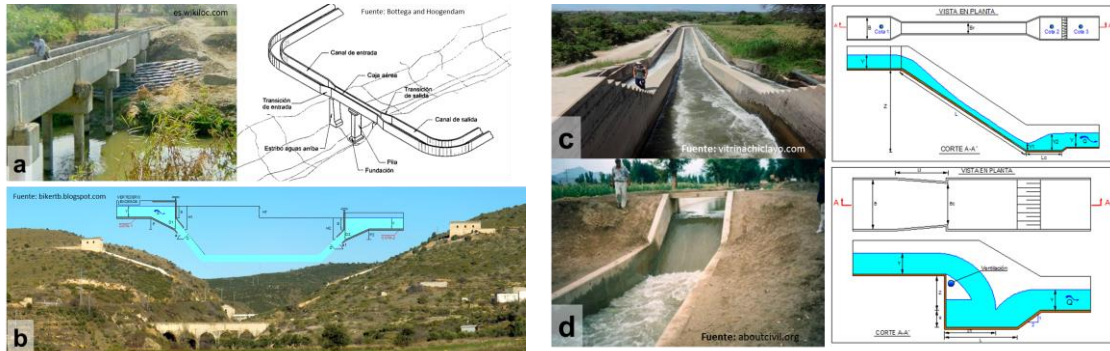


Figura 11. Estructuras hidráulicas de transporte: a) acueducto; b) sifón; c) rápida; d) caída.

De las estructuras hidráulicas se requiere conocer:

1. Coordenadas geográficas.
2. Tipo y dimensiones de la estructura hidráulica.
3. Presencia de filtraciones o fugas.

La información a levantarse en las obras de transporte, puede presentarse igual a lo propuesto en el Formato 4.

Obras de regulación y de distribución en canales

Las obras de regulación en canales son estructuras hidráulicas que permiten regular la entrega de caudales desde los ramales principales a los ramales secundarios y desde los ramales secundarios a las unidades terciarias. Normalmente se utilizan compuertas y en la sierra son muy utilizados los partidores proporcionales (Figura 12).

Con relación a este tipo de estructuras hidráulicas se deben medir diferentes partes, por ejemplo, en una compuerta se mide el ancho, la altura de la compuerta y la altura de la abertura o paso del agua; en un orificio, se mide el diámetro interno de la tubería y la carga hidráulica aguas arriba del orificio. Existen estructuras combinadas, una de regulación estática (vertedero de cresta larga) y una de regulación manual (compuertas), etc.

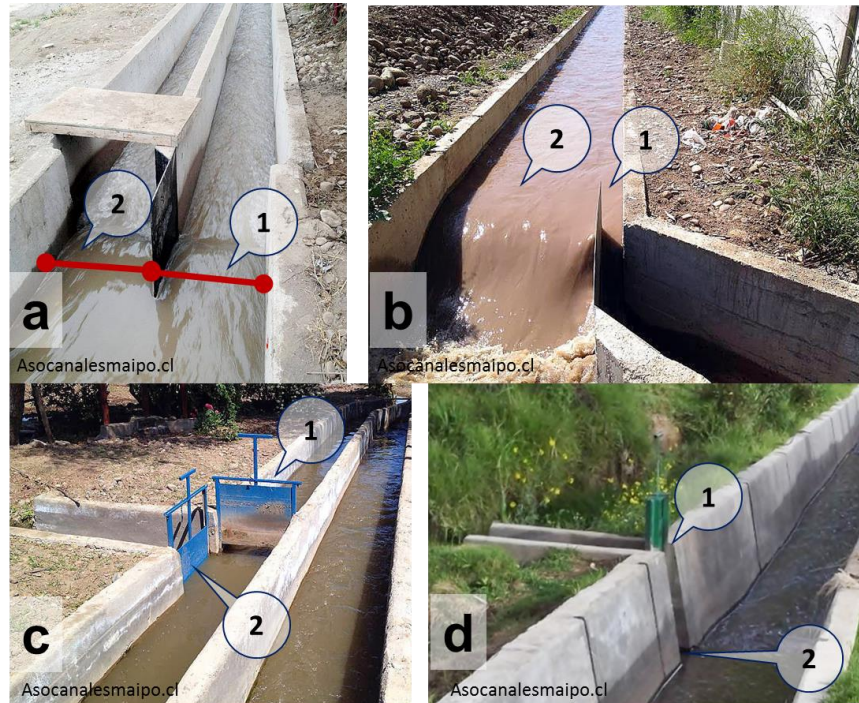


Figura 12. Estructuras hidráulicas de distribución de caudales: a) partidor proporcional entre canales de riego; b) partidor proporcional desde un canal secundario a un canal terciario; c) regulación a través de compuertas en una unidad terciaria; d) regulación con compuertas desde un canal principal a un secundario y desde un secundario a una unidad terciaria.

De las obras de regulación y de distribución se requiere conocer:

1. Coordenadas geográficas.
2. Tipo, dimensiones y operación de la estructura hidráulica.
3. Presencia de filtraciones o fugas.

La información a levantarse se puede presentar igual a lo propuesto en el Formato 5.

Obras de almacenamiento

Ejemplo: En el sistema de riego presurizado Macandamine Mongara (provincia de Loja), existe un reservorio construido en la cabecera del proyecto, cuyo volumen aproximado es de 25 mil metros cúbicos, de 53 metros de ancho, 157 metros de longitud y 3 metros de profundidad. Las paredes del reservorio se encuentran protegidas con geo membrana. El reservorio cuenta con una tubería de entrada de 315 mm y el vertedero de excesos se encuentra construido en la margen derecha del reservorio. Las diferentes estructuras hidráulicas cuentan con un buen mantenimiento.

En sistemas de riego presurizados, en la cabecera del proyecto, se construyen reservorios para almacenar el agua en invierno y complementar el riego en verano, en otros lugares, se construyen reservorios para almacenar el agua durante la noche y presurizar las tuberías durante el día (Figura 13).

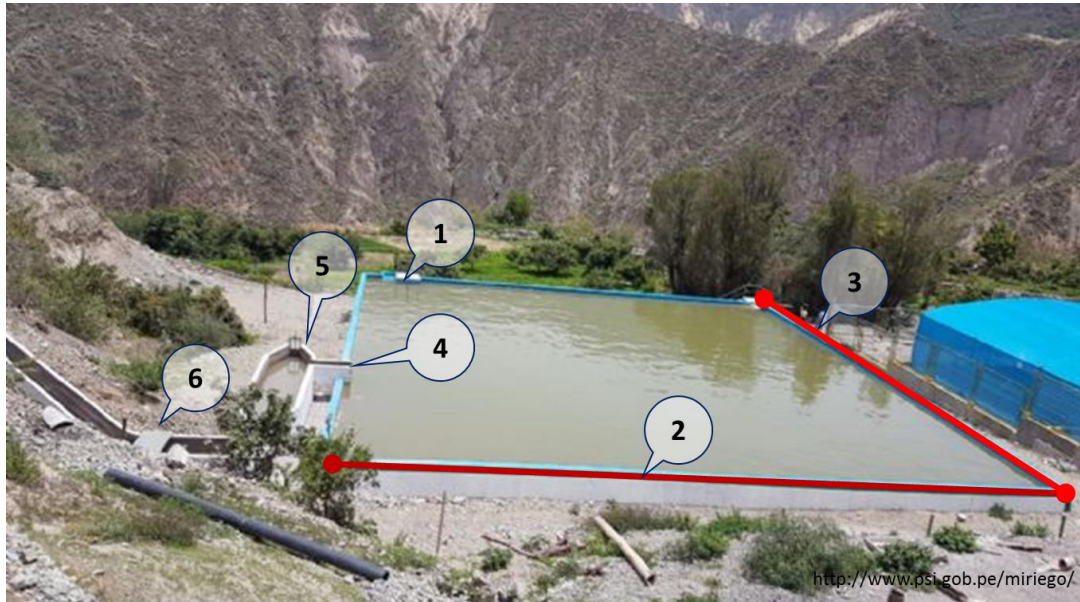


Figura 13. Vista general de un reservorio.

Los componentes principales de un reservorio son:

1. *Salida del agua desde el reservorio*, puede ser una tubería localizada al fondo del reservorio, una tubería en forma de una succión flotante, un vertedero superior o una tubería de PVC, la cual funciona como sifón.
2. *Ancho del reservorio*.
3. *Longitud del reservorio*.
4. *Ingreso del agua al reservorio*, puede ser a través de una tubería de PVC o un canal rectangular.
5. *Desarenador*, construido para decantar los sólidos en suspensión que transporta el agua de riego.
6. *Entrega del agua desde el canal principal o secundario*, localizada aguas arriba del desarenador.

De un reservorio se requiere conocer:

1. *Coordenadas geográficas.*
2. *Dimensiones, volumen de almacenamiento, obras de drenaje y de salida.*
3. *Plano del reservorio.*

La información a levantarse se puede presentar igual a lo propuesto en el Formato 6.

Redes de conducción en tuberías

Ejemplo: La red de tuberías principal tiene una longitud aproximada de 0,78 km (diámetro de 350 mm), red secundaria de 9,8 km (los diámetros varían de 110 mm a 250 mm) y una red terciaria de 18,0 km (los diámetros varían de 90 a 160 mm). La clase de la tubería varía de 0,63 a 0,8 MPa. El caudal medido fue de 180 litros por segundo. No existen fugas o filtraciones en la red. La eficiencia de conducción fue del 100%.

Al igual que una red de canales, una red de tuberías está integrada por una red principal, secundaria y terciaria. La red principal permite transportar el agua de riego desde la captación hasta las áreas de comando secundarias; la red secundaria permite transportar el agua desde la red principal hasta las redes terciaria y desde las redes terciarias se realiza la entrega del caudal a los usuarios.

La entrega del agua a los usuarios se realiza a través de turnos, esto significa que la red terciaria opera bajo la modalidad on/off, mientras que la red principal y las secundarias en forma continua.

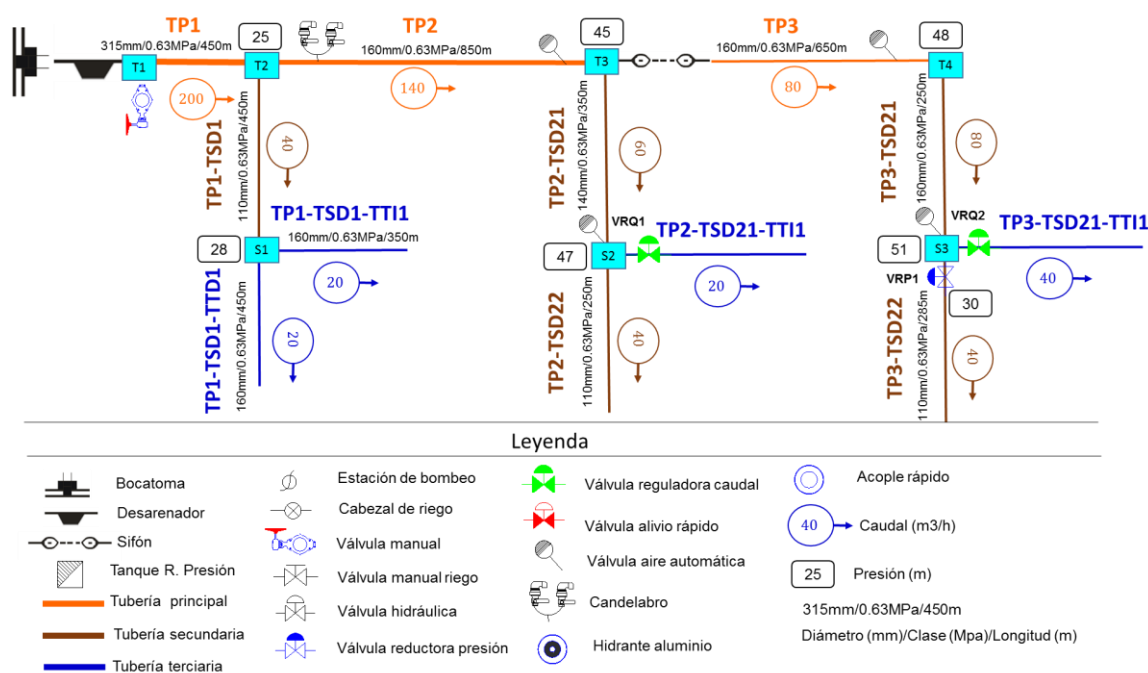


Figura 14. Diagrama unifilar de una red presurizada de tuberías.

En la Figura 14 se presenta la codificación de una red de tuberías. Para la tubería principal se utilizan las letras TP, para la tubería secundaria TS y para la tubería terciaria TT. En el sentido de la dirección del flujo del agua, la nomenclatura a utilizarse para las tuberías secundarias ubicadas en la margen derecha de la tubería principal es la letra “D” y para aquellos ubicados en la margen izquierda la letra “I” y así sucesivamente con el resto de redes de tuberías.

En la red principal se observan 3 secciones (TP1, TP2 y TP3), cada sección se caracteriza por tener un caudal y una longitud; se observan tres redes secundarias ubicadas en la margen derecha. El primer ramal secundario ubicado en la margen derecha se ha identificado como TP1-TSD1, esto significa que aguas arriba de este ramal secundario se encuentra la primera sección de la red principal y es la primera red lateral ubicada en la margen derecha. El segundo ramal secundario ubicado en la

margen derecha de la red principal cuenta con dos secciones (TP2-TSD21 y TP2-TSD22) y se encuentra ubicado aguas abajo del segundo tramo del ramal principal.

Por otro lado, en la Figura 14 se observa que en el tramo 1 (TP1) de la red principal se encuentra comprendida entre los nudos T1 y T2, fluye un caudal de $200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, es una tubería de PVC de 315 mm, clase 6 (0,63 MPa) y tiene una longitud de 450 metros; la presión al final del ramal es de 25,0 metros; y, en el nudo P1 se encuentra instalada una válvula manual para el control de toda la red de tuberías.

Bajo este esquema se debe codificar una red de tuberías con todos sus componentes, según lo descrito en el subcapítulo 4.3.

De una red de tuberías se requiere conocer:

1. Coordenadas geográficas.
2. Nudos inicial y final.
3. Diámetro de la tubería, clase, longitud, caudal.
4. Plano de la red.

La información a levantarse se puede presentar igual a lo propuesto en el Formato 7.

Válvulas de control

Ejemplo: El sistema de riego presurizado Macandamine Mongara, cuenta con 11 válvulas reductoras de presión (con diámetros de 4 a 10 pulgadas), 55 válvulas de aire (diámetros de 1 a 2 pulgadas). Las válvulas reductoras de presión cuentan con válvulas de aire aguas abajo, una válvula de alivio rápido y una válvula de control manual aguas arriba). No se detectaron fugas en las instalaciones hidráulicas. El equipo de riego cuenta con un buen plan de mantenimiento.

En redes de tuberías se utilizan diversos tipos de válvulas, las cuales pueden ser manuales, de aire e hidráulicas.



Figura 15. Tipos de válvulas: a) válvula manual; b) válvula de aire; c) válvula hidráulica.

Las válvulas manuales (Figura 15a) se utilizan para controlar ramales de tuberías, se instalan aguas arriba de válvulas hidráulicas o de aire por operación y mantenimiento, para el lavado de las redes de tuberías, para operar sectores de riego, etc.

Las válvulas de aire que se deben instalar en una tubería y pueden ser de triple acción o automáticas. No existe forma de calcular su instalación exacta y se ubican en sitios en donde existe un cambio de pendiente en el ramal de tuberías, por lo general se encuentran instaladas en los puntos altos de una red de tuberías, en los extremos de un sifón, aguas abajo de una válvula hidráulica, etc.

Las válvulas hidráulicas pueden ser simples, reductoras de presión, sostenedoras de presión y de alivio rápido. Las válvulas simples se combinan con flotadores para el control de la operación de un tanque rompe presión, las válvulas reductoras de presión se utilizan para controlar la presión aguas abajo, las válvulas sostenedoras de presión se utilizan para controlar la presión aguas arriba, las válvulas de alivio rápido se instalan al final de los ramales de tuberías topográficamente bajos, aguas arriba de válvulas hidráulicas sostenedoras y reductoras de presión.



Figura 16. Tipos de válvulas: a) válvula manual; b) válvula de aire (candelabro); c) válvula hidráulica.

En la Figura 16a, el conjunto de válvulas que conforman una válvula reductora de presión es: 1) válvula reductora de presión; 2) válvula manual tipo mariposa; 3) válvula de alivio rápido; 4) válvula de aire automática; 5) unión tipo gibault.

En la Figura 16b, el conjunto de válvulas que conforman un candelabro es: 1) válvula de aire automática; 2) válvula manual.

En la Figura 16c, el conjunto de válvulas que conforman una válvula reguladora de caudal es: 1) válvula volumétrica reguladora de caudal; 2) válvula manual tipo mariposa; 3) válvula de alivio rápido; 4) válvula de aire automática; 5) unión tipo gibault.

De las válvulas se requiere conocer:

1. Coordenadas geográficas.
2. Tipo de válvula, diámetro y conjunto de válvulas.
3. Diámetro de la tubería de entrada y salida de la caja de la válvula.
4. Plano de la red.

La información a levantarse puede presentarse igual a lo propuesto en el Formato 8.

Tomas de entrega al agricultor en tuberías

Ejemplo: En el sistema de riego Macandamine Mongara, a la entrada de una unidad terciaria existe una válvula volumétrica de 3 pulgadas de diámetro a través de la cual se regula el caudal en 10,0 litros por segundo. Las tomas de entrega del agua a los usuarios se encuentran instaladas en la parte alta de la parcela y se realiza a través de una válvula manual tipo engranaje de 3 pulgadas de diámetro. La presión de entrega en la toma es de 3,0 atmósferas. No se detectaron fugas en las instalaciones y la eficiencia de distribución del agua en la unidad terciaria fue del 95%.

Como toma de entrega se define a aquel conjunto de válvulas que permiten entregar el agua a los usuarios. En redes colectivas presurizadas, el caudal de entrega a los usuarios es a caudal y presión regulada. El conjunto de válvulas que conforman una toma de entrega son muy diversas, desde las más simples hasta sistemas complejos automatizados.



Figura 17. Tipos de válvulas: a) acople rápido conocido como hidrante; b) válvula manual de asiento angular; c) y e) toma con control hidráulico; d) y f) toma completa automatizada.

En la Figura 17a, se presenta una toma de entrega muy simple compuesta por un acople rápido, también conocido como hidrante.

En la Figura 17b, se presenta una toma de entrega simple compuesta por una válvula manual de asiento angular.

En la Figura 17c, toma de entrega hidráulica compuesta por: 1) una válvula manual tipo mariposa; 2) válvula volumétrica reguladora de caudal y 3) filtro de malla.

En la Figura 17d, toma de entrega automatizada compuesta por: 1) una válvula hidráulica automatizada y 2) medidor de volumen de agua.

En la Figura 17e, toma de entrega hidráulica compuesta por: 1) una válvula hidráulica simple; 2) válvula manual y 3) válvula de aire.

En la Figura 17f, toma de entrega automatizada compuesta por: 1) medidor de volumen de agua y 2) una válvula hidráulica automatizada.

De la toma de entrega se requiere conocer:

1. Coordenadas geográficas.
2. Tipo de válvula, diámetro y conjunto de válvulas.
3. Diámetro de la tubería de entrada y salida de la caja de la válvula.
4. Plano de la red.

La información a levantarse puede presentarse igual a lo propuesto en el Formato 8.

Estaciones de bombeo

Ejemplo: En el sistema de riego Campozano, en la provincia de Manabí, existe una estación de bombeo con motor eléctrico de 10 HP, el modelo de la bomba es DLG-10. Para el punto de operación óptimo de la bomba, el caudal de bombeo es de 10 litros por segundo. El mantenimiento de la bomba es bueno.

Una estación de bombeo puede estar conformada por una o más bombas accionadas por motores eléctricos o de combustible y se dimensionan para proporcionar un determinado caudal a una cierta presión.

En el mercado existen varios tipos y modelos de bombas, siendo las más utilizadas las bombas centrífugas (Figuras 18 a, b y c) y las sumergibles (Figuras 18 d y e). Las bombas centrífugas se instalan en reservorios o albarradas mientras que las bombas sumergibles en pozos someros o profundos. Las bombas con motor eléctrico son trifásicas y las bombas con motor a combustión operan con diésel.

En función de la demanda de caudal, las estaciones de bombeo están integradas por una o más bombas, las cuales pueden funcionar en paralelo o en serie. En la instalación tipo paralelo, las bombas proporcionan una misma presión y el caudal corresponde a la suma de los caudales proporcionados por cada bomba. En la instalación en serie, el caudal corresponde al proporcionado por una bomba mientras que la presión total corresponde a la suma de las presiones generadas por cada bomba.

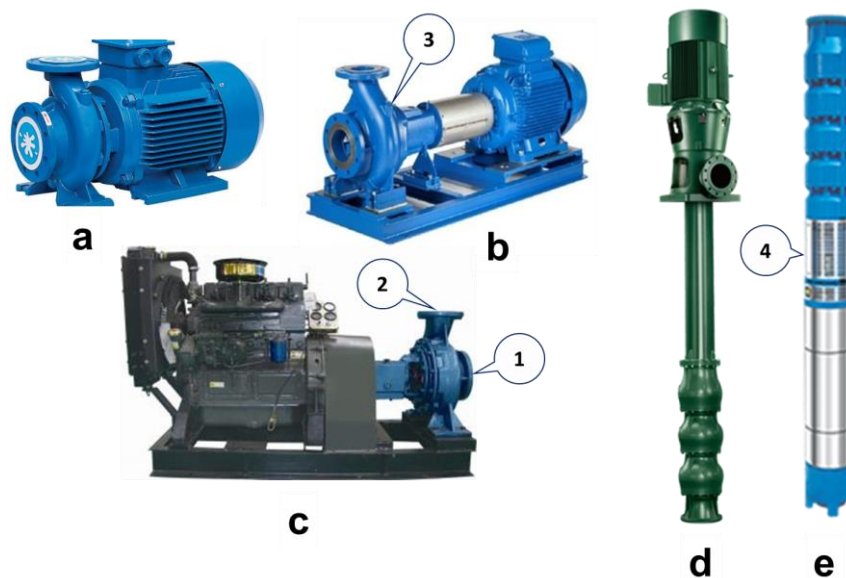


Figura 18. Tipos de bombas: a) bomba centrífuga monobloque con motor eléctrico; b) bomba centrífuga con motor eléctrico y acoplamiento; c) bomba con motor a combustible, d) bomba de eje vertical con motor eléctrico y e) bomba eléctrica sumergible.



De una estación de bombeo se requiere conocer:

1. Coordenadas geográficas de ubicación.
2. Potencia del motor (leer en la placa ubicada en la carcasa de la bomba, numeral 4 Figura 18).
3. Energía eléctrica (monofásica o trifásica).
4. Potencia del transformador.
5. Diámetro de la succión y descarga de la bomba (numerales 1 y 2 de la Figura 18).
6. Tipo de tubería instalada en la succión y en la descarga de la bomba.

En Resumen

En este primer capítulo, se planteó el tema de la descripción detallada de la infraestructura de riego, en el cual, en una primera parte se trató las generalidades del diagnóstico. En este punto, se plantean tres fases de trabajo: i) la fase de gabinete; ii) de campo y iii) de procesamiento de la información.

En la etapa de gabinete, se deben ejecutar actividades relacionadas a la obtención de planos del proyecto, ubicación del área a tecnificarse, definición de las metodologías a implementar en campo. En tanto que, en la fase de campo, se debe levantar la información sobre el estado actual de la infraestructura hidráulica. Finalmente, en la etapa de procesamiento de la información, se elabora mapas y planos, cálculo de caudales, áreas, eficiencias y preparación de informes.

En una segunda parte del capítulo, se hace una descripción a detalle de los diversos componentes que conforman las estructuras de un sistema de riego. Partiendo de una bocatoma y desarenador, para luego continuar con la red de canales, obras de transporte en canales, obras de regulación y distribución en canales, obras de almacenamiento. En el caso de sistemas presurizados, se considera las redes en conducción en tuberías, válvulas de control, tomas de entrega y estaciones de bombeo. Para cada estructura es necesario reconocer: las coordenadas de su ubicación, los componentes que la conforman, el estado de conservación y mantenimiento del mismo.



CAPÍTULO 2. EFICIENCIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE RIEGO

Caso sistema de riego Macandamine Mongara

A través de recorridos y mediciones en diferentes puntos del sistema de riego Macandamine Mongara, de la provincia de Loja, se determinó la eficiencia técnica global del sistema.

El equipo recurrió a las metodologías establecidas en las guías de la ENIP para determinar la eficiencia total, la eficiencia de conducción, eficiencia de distribución y eficiencia de aplicación para aspersión.

Después de realizar las mediciones y cálculos, se determinó que, considerando el método de riego por aspersión, la eficiencia técnica total fue del 62%, caracterizada como buena.

La eficiencia de conducción en la red de tuberías fue del 100%. El caudal medido al inicio y al final del tramo principal de la red de tuberías fue de 170 litros por segundo. No hubo presencia de fugas en el tramo. El caudal se midió utilizando el medidor ultrasónico.

La eficiencia de distribución del agua fue del 95%, caracterizada como alta. El caudal de regulación y de entrega fue de 10,0 litros por segundo. La variación que se determinó estuvo relacionada con los tiempos de entrega del agua a los usuarios. Los tiempos de entrega del agua son determinados por la junta de regantes

La eficiencia técnica en un sistema de riego está integrada por las eficiencias de conducción, distribución y aplicación. Es la relación que existe entre el volumen de agua entregado en la parcela de los agricultores y el volumen de agua derivado a través de la bocatoma.

Conocer la eficiencia técnica del sistema ayudará a determinar la cantidad de agua que se pierde durante su conducción, distribución o aplicación y así establecer los correctivos necesarios para evitar estas pérdidas.

Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción (E_{fc}) es un parámetro que permite conocer las pérdidas de agua que se producen en un tramo de canal o de tubería.

En canales, las pérdidas de agua que se producen en un tramo están dadas por:

1. Evaporación del agua desde el espejo de agua
2. Infiltración del agua en el suelo o a través de las juntas
3. Evapotranspiración de las plantas acuáticas que crecen en las paredes del canal
4. Filtraciones a través de estructuras hidráulicas
5. Desbordamientos por acumulación de sólidos en el canal



En tuberías, las pérdidas de agua que se producen en un tramo están dadas por:

1. Filtraciones a través de uniones, válvulas o accesorios mal instalados
2. Roturas de tuberías

Para medir la eficiencia de conducción se debe seleccionar un tramo en el canal, en el cual no existan salidas o ingresos de agua; se debe medir el caudal a la entrada y a la salida del tramo.

$$Efc = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Efc es la eficiencia de conducción (%)

Q1 es el caudal medido en el nudo 1 (l s^{-1})

Q2 es el caudal medido en el nudo 2 (l s^{-1})

De manera preliminar y teórica, se puede establecer cuál sería la eficiencia de conducción para canales revestidos y no revestidos. Así, en la siguiente tabla se presentan valores en función del material y longitud del canal.

Tabla 1. Eficiencia de conducción en canales revestidos y no revestidos (%)

Longitud canal	Canales no revestidos			Canales revestidos
	Arena	Franco	Arcillosa	
> 2 000 m	60	70	80	95
200 – 2 000 m	70	75	85	95
< 200 m	80	85	90	95

Fuente: Brouwer, 1989.

Cuando la eficiencia de conducción es mayor al 80% se dice que la eficiencia es alta, entre al 50% y el 80% es una eficiencia buena, entre el 40 y el 50% se clasifica como pobre y menor al 40% es muy pobre (Brouwer, 1989). El ex INERHI estimó que las pérdidas de agua en canales sin revestir son del 15 % en suelos arenosos, del 10 % en suelos francos y del 5% en suelos arcillosos y que la eficiencia promedio para estos canales varía entre el 75% y el 85% (Yungan, 2019). Por otro lado, la eficiencia de conducción en tuberías es mayor al 95%.

Ejemplo: en un tramo del canal secundario del sistema de riego Tumbaco de 150 metros de longitud y de sección revestida, en el nudo 1 o al inicio del tramo se midió un caudal en $155,09 \text{ l s}^{-1}$ y en el nudo 2 o al final del tramo se midió un caudal de $135,18 \text{ l s}^{-1}$, se requiere calcular la eficiencia de conducción.

Tabla 2. Ejemplo de cálculo de la eficiencia

Paso	Fórmula y cálculo
1	$Efc = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = \frac{135,18}{155,09} \times 100 = 87,16\%$
2	Clasificación: alta

La eficiencia de conducción en el tramo es del 87,16%; según la Tabla 1, la eficiencia de conducción para un canal revestido es del 95%, en este caso, la eficiencia de conducción determinada es menor a la esperada, siendo la pérdida de caudal de $12,15 \text{ l s}^{-1}$ ($155,09 \times 0,95 - 135,18$); si la dosis de riego es de $0,60 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, la pérdida de caudal en el tramo ha afectado la entrega del agua en 20,26 hectáreas. Para mejorar la eficiencia de conducción en el tramo se deben eliminar las filtraciones que se producen en las estructuras hidráulicas, utilizar manto de hormigón para revestir las paredes del canal para reducir la filtración.



Eficiencia de distribución

La eficiencia de distribución (Efd) es un parámetro que permite conocer el efecto integrado entre *junta de regantes - operación - infraestructura hidráulica*. La junta de regantes define el caudal de entrega, el tiempo del turno y la frecuencia de entrega (estos parámetros se definen en función de las necesidades hídricas de los cultivos). La operación de la infraestructura hidráulica influye directamente en el caudal de entrega al usuario (el caudal está en función del grado de apertura de una compuerta o de una válvula). El mantenimiento de la infraestructura hidráulica afecta a la eficiencia de conducción y de distribución (compuertas en mal estado producen filtraciones y pérdidas de caudal a lo largo del canal).

En una unidad terciaria, al menos el 80% del área debe recibir una cantidad de agua adecuada para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, por ejemplo, si la superficie de una unidad terciaria es de 30 hectáreas, se espera que al menos 24 hectáreas reciban la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, el 10% (3 hectáreas) recibirá una cantidad de agua ligeramente mayor y un 10% (3 hectáreas) una cantidad de agua ligeramente menor.

Para determinar la eficiencia de distribución se puede aplicar el criterio desarrollado por Christiansen en función de la lámina de agua entregada por hectárea, para ello, se debe medir el caudal de ingreso a la parcela de cada agricultor que se abastece de un determinado ramal o canal secundario o terciario y conocer el tiempo de entrega del caudal (turno).

$$Efd = \frac{L25}{LP} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Efd: es la eficiencia de distribución (%)

LP: es la lámina promedio de agua que recibe el agricultor (mm)

L25: es la lámina promedio de agua que recibe el agricultor (mm) del 25% de los valores más bajos

$$L = \frac{3600 \times Q \times T}{A} \quad (2)$$

Donde:

L: es la lámina de agua entregada al agricultor (mm)

Q: es el caudal de ingreso a la parcela del agricultor (l s^{-1})

T: es el tiempo de entrega del agua o turno (horas)

A: es el área de la parcela del agricultor (m^2)



Ejemplo: en la unidad terciaria No. 6 del ramal Churroloma del sistema de riego Tumbaco se realizaron las mediciones respectivas del área de riego, cultivos en explotación, caudal de ingreso a la parcela y el tiempo de riego asignado por la junta de regantes, para conocer la eficiencia de distribución (Tabla 3).

Tabla 3. Eficiencia de distribución en la unidad terciaria

Usuario	Área (m ²)	Q (l s ⁻¹)	T (horas)	L (mm)	Or
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	11 000,0	8,94	24,0	70,2	183,4
2	900,0	8,78	3,0	105,4	153,8
3	600,0	8,31	2,0	99,7	105,4
4	800,0	8,15	5,0	183,4	99,7
5	5 000,0	8,00	6,0	34,6	99,5
6	2 600,0	5,10	13,0	91,8	91,8
7	1 400,0	3,43	4,0	35,3	82,3
8	700,0	2,20	3,0	33,9	70,2
9	900,0	7,69	5,0	153,8	35,3
10	3 000,0	7,54	11,0	99,5	34,6
11	5 700,0	7,24	18,0	82,3	33,9
				LP (mm):	90,0
				L25 (mm):	34,6
				Efd (%):	38,44

En el Cuadro 3, en la columna 1 se presenta el número de usuario; en la columna 2, el área de riego (m²); en la columna 3, el caudal medido a la toma de entrega del usuario (l s⁻¹); en la columna 4, el tiempo de riego asignado por la junta de regantes (horas); en la columna 5, la lámina de agua calculada (ecuación 2); en la columna 6, la lámina de agua calculada ordenada de mayor a menor (Or). La lámina de agua máxima que se entrega al usuario en forma semanal (cada 7 días) fue de 183,4 mm, la lámina mínima de 33,9 mm, la lámina promedio de 90 mm y la lámina promedio del 25% de los valores más bajos de 34,6 mm, siendo la eficiencia de distribución del 38,44%, clasificada como pobre. En la Figura 19, puede observarse que solo 5 usuarios de la unidad terciaria reciben la lámina de agua esperada (entre 80 y 100 mm), 2 usuarios reciben una lámina de agua muy superior a la requerida por los cultivos y 4 usuarios reciben una cantidad de agua que no alcanza para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos. La eficiencia de distribución es muy pobre (38,44%), considerando que la mínima requerida es del 80%.

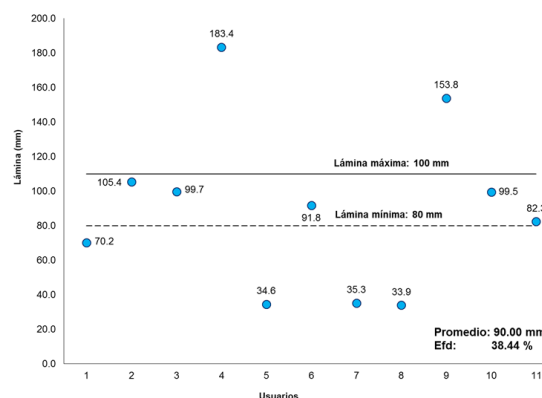


Figura 19. Distribución de las láminas de agua en la unidad terciaria No. 6

La causa principal para que exista una eficiencia de distribución muy pobre es causada por la junta de regantes debido a que el tiempo de riego asignado a los usuarios no se ha ajustado con el caudal real de ingreso a la parcela y no existe una actualización del padrón de cultivos y del cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos. Por otro lado, entre el caudal de cabecera (8,94 l s⁻¹) y el caudal del usuario más alejado del óvalo (2,2 l s⁻¹), existe una pérdida de agua de 6,74 l s⁻¹, causado por el mal estado de las compuertas.



El mismo procedimiento debe aplicarse para las redes de tuberías.

Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación (Efa) del agua es la relación que existe entre el volumen de agua aplicado y disponible para el cultivo (zona radicular), y el volumen total de agua aplicado a la parcela.

En los diferentes métodos de aplicación del agua (surcos, aspersión y goteo) se producen las siguientes pérdidas de agua durante el flujo del agua desde la toma de entrega al agricultor hasta las parcelas cultivadas:

1. Infiltración en los canales cuaternarios y fugas a través de tuberías o mangueras de distribución del agua.
2. Escorrentía superficial.
3. Percolación profunda.
4. Evaporación directa del agua durante la fase de aplicación.

Por lo general, las eficiencias de aplicación promedio (Efa-p) que pueden encontrarse en el campo son: surcos, 57%; inundación 58%; aspersión, 70% y goteo 90% (Depeweg, 2002; Bos & Nugteren, 1990).

En riego por surcos, los principales factores que afectan a la distribución del agua son:

1. Pendiente de los surcos (tamaño de la parcela).
2. Textura del suelo.
3. Caudal disponible.
4. Tiempo de aplicación.

En riego por aspersión, los principales factores que afectan a la distribución del agua son:

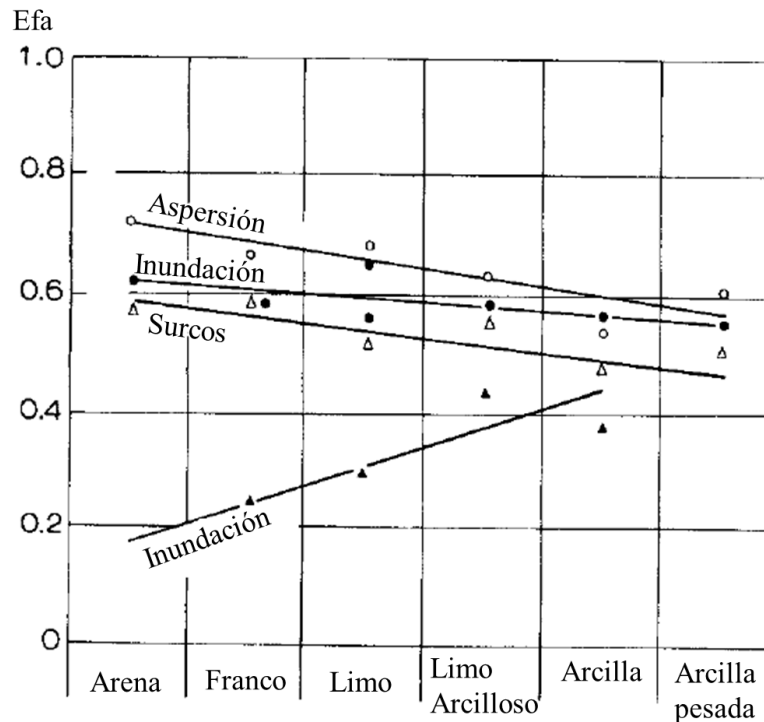
1. Pendiente del terreno cultivado.
2. Textura del suelo.
3. Pluviometría de los aspersores.
4. Tiempo de aplicación.
5. Velocidad y dirección del viento.

En riego por goteo, los principales factores que afectan a la aplicación del agua son:

1. Pendiente del terreno cultivado.
2. Textura del suelo.
3. Tipo de gotero.
4. Lámina aplicada.

Eficiencia de aplicación para riego por aspersión y surcos

En forma general, la eficiencia de aplicación puede estimarse en función de la textura del suelo (Efa-T, Figura 20), de la lámina de agua aplicada a través del método de riego (Efa-L) y del caudal de entrega al agricultor (Efa-Q).



Fuente: Bos & Nugteren, 1990.

Figura 20. Eficiencia de aplicación en función de la textura del suelo

Para riego por aspersión, la eficiencia de aplicación en función de la lámina aplicada se determina mediante la siguiente expresión matemática, siendo la máxima alcanzable del 80% (Bos & Nugteren, 1990).

$$Efa - L = 0,0045 \times L^2 - 0,915 \times L + 101 \quad (3)$$

Donde:

Efa-L: es la eficiencia de aplicación en función de la lámina (%)

L: es la lámina de agua aplicada al cultivo (mm)

Para riego por surcos, la eficiencia de aplicación en función de la lámina aplicada se determina mediante la siguiente ecuación, siendo la máxima alcanzable del 55% (Bos & Nugteren, 1990).

$$Efa - L = -0,004 \times L^2 + 0,6918 \times L + 27,018 \quad (4)$$

Tanto para riego por aspersión como para surcos, la eficiencia de aplicación en función del caudal asignado al agricultor se estima a partir de la siguiente ecuación, siendo la eficiencia máxima alcanzable del 65% (Bos & Nugteren, 1990).

Para un caudal menor o igual a 60.0 l s^{-1} , la ecuación sería:

$$Efa - Q = -0,0187 \times Q^2 + 1,5057 \times Q + 37,883 \quad (5)$$

Donde:

Efa-Q: es la eficiencia de aplicación en función del caudal entregado al agricultor (%)

L: es el caudal entregado al agricultor (l s^{-1})



Para un caudal mayor a $60,0 \text{ l s}^{-1}$, la ecuación sería:

$$Efa - Q = -0,0887 \times Q + 66,933 \quad (6)$$

El caudal está referido a una superficie de 1,0 hectárea y se puede ajustar mediante la siguiente ecuación.

$$Q = Q_p \times \frac{10000}{A} \quad (7)$$

Donde:

- Q: es el caudal corregido en función del área (l s^{-1})
 Qp: es el caudal de ingreso a la parcela del agricultor (l s^{-1})
 A: es el área de la parcela del agricultor (m^2)

Ejemplo: estimar la eficiencia de aplicación para el método de riego por aspersión, en un suelo de textura franco, considerando una lámina de aplicación de 45 mm, caudal entregado en parcela del agricultor de $5,0 \text{ l s}^{-1}$ y la superficie promedio del agricultor de 0,5 ha. El procedimiento a seguir se resume en los siguientes pasos:

Tabla 4. Ejercicio de estimación de Efa para riego por aspersión

Paso	Variable	Cálculo
1	Determinar la Efa en función de la textura, figura 20.	Para un suelo de textura Franco, Efa es del 70%, siendo este valor Efa de partida (Efa-P).
2	Ajustar Q para una superficie de 1.0 hectárea	$Q = Q_p \times \frac{10000}{A}$ $Q = 5 \times \frac{10000}{5000} = 10,0 \text{ l s}^{-1}$
3	Calcular Efa en función de la lámina aplicada (Ecuación 3)	$Efa - L = 0,0045 \times 45^2 - 0,915 \times 45 + 101 = 68,94\%$
4	Primer ajuste de Efa	$Efa1 = Efa - P \times \frac{Efa-L}{Efa-Lmax} = 70 \times \frac{68,94}{68} = 70,96\%$
5	Calcular Efa en función del caudal (Ecuación 5)	$Efa - Q = -0,0187 \times 10^2 + 1,5057 \times 10 + 37,883 = 51,07\%$
6	Segundo ajuste de Efa	$Efa = Efa1 \times \frac{Efa-Q}{Efa-Qmax} = 70,96 \times \frac{51,07}{65} = 55,76\%$

Para este caso, la eficiencia de aplicación estimada es del 55,76%.



Ejemplo: estimar la eficiencia de aplicación para el método de riego por surcos, en un suelo de textura franco, considerando una lámina de aplicación de 60 mm, caudal entregado en parcela del agricultor de $8,0 \text{ l s}^{-1}$ y la superficie promedio del agricultor de 0,5 ha. El procedimiento a seguir se resume en los siguientes pasos:

Tabla 5. Ejercicio de estimación de Efa para riego por surcos

Paso	Variable	Cálculo
1	Determinar la Efa en función de la textura, figura 20.	Para un suelo de textura Franco, Efa es del 58%, siendo este valor Efa de partida (Efa-P).
2	Ajustar Q para una superficie de 1.0 hectárea	$Q = Qp \times \frac{10000}{A}$ $Q = 8 \times \frac{10000}{5000} = 16,0 \text{ l s}^{-1}$
3	Calcular Efa en función de la lámina aplicada (Ecuación 4)	$Efa - L = -0,004 \times 60^2 + 0,6918 \times 60 + 27,018 = 54,13\%$
4	Primer ajuste de Efa	$Efa1 = Efa - P \times \frac{Efa-L}{Efa-L_{max}} = 58 \times \frac{54,13}{55} = 57,08\%$
5	Calcular Efa en función del caudal (Ecuación 5)	$Efa - Q = -0,0187 \times 16^2 + 1,5057 \times 16 + 37,883 = 57,19\%$
6	Segundo ajuste de Efa	$Efa = Efa1 \times \frac{Efa-Q}{Efa-Q_{max}} = 54,13 \times \frac{57,19}{65} = 47,63\%$

Para este caso, la eficiencia de aplicación estimada es del 47,63%.

Eficiencia de aplicación para riego por goteo

Para riego por goteo, la eficiencia de aplicación varía de 77% (bajo), 88% (medio) a 95% (alto). Se puede determinar en función de la distribución del agua en la parcela y de la distribución mínima esperada. La distribución del agua esperada varía en función del tipo de goteo, para goteros no compensados es del 95% y para gotero compensados del 98%.

Para determinar la uniformidad de distribución del agua se deben recolectar al menos 16 muestras, uniformemente distribuidos en la parcela de riego, por lo general se escogen 4 laterales de riego y en cada lateral se mide el caudal en 4 goteros que se encuentren operando (evitar goteros taponados). Se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar 16 emisores (goteros) en una subunidad de riego, de acuerdo al siguiente esquema (L son los laterales y G son los goteros):

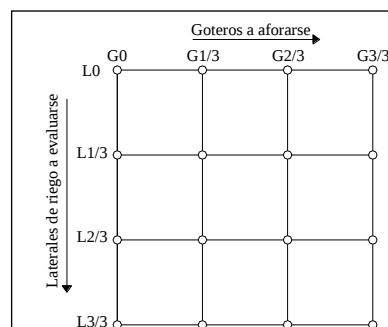


Figura 21. Distribución de laterales y goteros en la parcela



2. Dividir la unidad de riego en los ejes X y Y, en tres partes iguales.
3. En el eje X se ubican los laterales de riego: L0 es el lateral inicial, L1/3 es el segundo lateral, L2/3 es el tercer lateral y L3/3 es el cuarto lateral.
4. En el eje Y se ubican los goteros en el lateral: G0 es el gotero inicial, G1/3 es el primer gotero, G2/3 es el tercer gotero y G3/3 es el cuarto gotero. Cada aforo representa aproximadamente el 6,25% del área total de una unidad de riego.
5. Excavar el suelo debajo de cada gotero hasta que permita instalar un vaso de precipitación de 50 o 100 ml.
6. Abrir la válvula de control del riego por un tiempo de riego de 5 a 10 minutos.
7. Medir el volumen de agua de cada vaso con una jeringa de 50 ml.
8. Calcular el caudal (q) en l h⁻¹, dividir el volumen (ml) para el tiempo (minutos) y multiplicar por 0.06.
9. Ordenar los valores de caudal de mayor a menor.
10. Determinar el promedio de todos los aforos (q) y el promedio los valores más bajos (q₂₅).
11. Determinar la **uniformidad de distribución** mediante la ecuación 1, en donde, L₂₅ sería el caudal promedio del 25% de los valores más bajos y LP, el caudal promedio.
12. Calcular la eficiencia de aplicación (ecuación 8); para goteros no compensados la uniformidad de distribución esperada es del 90% y para goteros compensados, del 98%.

$$Efa = 100 \times UD \times UDe \quad (8)$$

Donde:

Efa: es la eficiencia de aplicación (%)

UD: es la uniformidad de distribución calculada (decimal)

UDe: es la uniformidad de distribución esperada (decimal)



Ejemplo: determinar la eficiencia de aplicación para el riego por goteo, considerando un gotero compensado, cuya uniformidad de distribución esperada es del 98% y el tiempo de la prueba fue de 5 minutos. Los valores medidos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 6. Uniformidad de distribución

No	V (ml)	Q (l h ⁻¹)	Ordenado
(1)	(2)	(3)	(4)
1	83	1.00	1.15
2	84	1.01	1.06
3	80	0.96	1.02
4	83	1.00	1.01
5	81	0.97	1.01
6	79	0.95	1.00
7	85	1.02	1.00
8	82	0.98	1.00
9	80	0.96	1.00
10	83	1.00	1.00
11	83	1.00	0.98
12	96	1.15	0.97
13	88	1.06	0.97
14	84	1.01	0.96
15	77	0.92	0.92
16	76	0.91	0.91

En la columna (1) se presenta la enumeración de los goteros (un total de 16); en la columna (2), el volumen medido (ml); en la columna (3), el caudal calculado y en la columna (4), el caudal ordenado de mayor a menor.

El caudal promedio calculado q es de 0,998 l h⁻¹ y el caudal q_{25} de 0,94 l h⁻¹.

$$UD = 100 \times \frac{q_{25}}{q} = 100 \times \frac{0,94}{0,998} = 94,19\%$$

$$Efa = 100 \times 0,9419 \times 0,98 = 92,31\%$$

La eficiencia de aplicación fue del 92,31%.



En Resumen

En este segundo capítulo se proponen algunas metodologías para calcular la eficiencia técnica de un sistema de riego, entendida como *la relación que existe entre el volumen de agua entregado en la parcela de los agricultores y el volumen de agua derivado a través de la bocatoma. La eficiencia técnica en un sistema de riego está integrada por las eficiencias de conducción, distribución y aplicación.*

La eficiencia de conducción es un parámetro que permite conocer las pérdidas de agua que se producen durante el flujo del agua en un tramo de una canal o de tubería. Estas pérdidas están relacionadas a la evaporación del agua, infiltración, evapotranspiración, filtraciones, desbordamientos del canal, accesorios mal instalados, rotura de tuberías.

Cuando la eficiencia de conducción es mayor al 80% se dice que la eficiencia es alta, entre al 50% y el 80% es una eficiencia buena, entre el 40 y el 50% se clasifica como pobre y menor al 40% es muy pobre.

La eficiencia de distribución (Efd) es un parámetro que permite conocer el efecto integrado entre *junta de regantes - operación - infraestructura hidráulica*. El mantenimiento de la infraestructura hidráulica afecta a la eficiencia de conducción y de distribución (compuertas en mal estado producen filtraciones y pérdidas de caudal a lo largo del canal).

La eficiencia de aplicación (Efa) del agua es la relación que existe entre el volumen de agua aplicado y disponible para el cultivo (zona radicular) y el volumen total de agua aplicado a la parcela. En los diferentes métodos de aplicación del agua (surcos, aspersión y goteo) se producen las siguientes pérdidas de agua: infiltraciones en canales, fugas de agua en tuberías o mangueras, escorrentía superficial, percolación, evaporación. Por lo general, las eficiencias de aplicación promedio (Efa-p) que pueden encontrarse en el campo son: surcos, 57%; inundación 58%; aspersión, 70% y goteo 90%.



IV. CONCLUSIONES

El levantamiento detallado de la infraestructura hidráulica es muy importante en el proceso de desarrollo del proyecto. En este aspecto se debe levantar y recopilar la mayor cantidad de información técnica sobre el proyecto de riego. La información debe ser levantada con la mayor precisión posible dado que en base a ésta información se realizan diseños preliminares para rehabilitar un sistema o se realiza el diseño de nuevas obras.

La infraestructura a levantarse abarca desde la bocatoma hasta el área de riego. En sistemas de riego existentes, se debe levantar la información más importante, en canales de riego: bocatoma, desarenador, canales, compuertas de división y de entrega del agua; las estructuras de transporte deben levantarse solo si están en mal estado y con fugas o filtraciones. En redes de tuberías: bocatoma, desarenador, reservorio, tuberías y válvulas. En proyectos nuevos, el área en donde se ubicaría la bocatoma, estación de bombeo o reservorio, debe levantarse en forma detallada.

En sistemas de riego existentes, la determinación de las eficiencias de conducción, distribución y de aplicación es muy relevante, dado que proporciona información de la operación y mantenimiento de la infraestructura, vinculada con la junta de regantes – usuarios - infraestructura. La medición de caudales debe realizarse en puntos estratégicos.



V. ABREVIATURAS

A: área de la parcela del agricultor (m^2)

LP: lámina promedio de agua entregada al agricultor (mm)

L25: promedio del 25% de las láminas de agua entregada al agricultor (mm)

Efc: eficiencia de conducción (%)

Efd: eficiencia de distribución (%)

Q: caudal ($l\ s^{-1}$)

T: tiempo de riego (horas)

V: volumen entregado al usuario (m^3)

VI. GLOSARIO DE TÉRMINOS

En los siguientes párrafos se definen algunos términos utilizados en el presente documento, derivados de información de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (Depeweg, 2002; Ankum, 2002).

Área de comando: como área de comando se define a toda la superficie potencialmente irrigable que se encuentra bajo la cota de la red de tuberías o canales primarios, secundarios y terciarios.

Área secundaria: como área secundaria se define a toda la superficie potencialmente irrigable que se encuentra bajo la cota de la red de tuberías o canales secundarios y terciarios.

Unidad terciaria: como unidad terciaria se define a toda la superficie potencialmente irrigable que se encuentra bajo la cota de la red de canales terciarios, la superficie de una unidad terciaria varía entre 20 y 50 hectáreas y también se define en función de la cantidad de usuarios (máximo 30); en países como la India, Pakistán o Indonesia, a nivel de la unidad terciaria se forman las juntas de usuarios, considerando que los canales principales y secundarios son operados y mantenidos por una agencia de operación y mantenimiento; en Ecuador, a nivel de la unidad terciaria existen las directivas de los óvalos, encargados de mantener la red de canales y las estructuras hidráulicas, siendo parte de la Junta de Regantes, encargada de la operación y mantenimiento de la red de canales principales y secundarios.

Canal principal (CP): se define a aquella estructura hidráulica revestida o no revestida de sección rectangular, trapezoidal, triangular o circular utilizada para transportar el caudal desde la bocatoma hasta los canales secundarios.

Canal secundario (CS): se define a aquella estructura hidráulica revestida o no revestida de sección rectangular, trapezoidal, triangular o circular utilizada para transportar el caudal desde el canal principal hasta los canales terciarios.



Canal terciario (CT): se define a aquella estructura hidráulica revestida o no revestida utilizada para transportar un módulo de riego desde el canal secundario hasta la cabecera de parcela de los usuarios.

Compuertas: es una estructura de madera o de hierro, que se desliza a través de carriles o correderas, se coloca en canales, diques, quebradas, etc., para graduar o cortar el paso del agua, con accionamiento manual, motorizado o automático.

Óvalo: infraestructura construida para derivar el agua desde un canal secundario a una unidad terciaria de riego o bloque hidráulico.

Toma de entrega: es aquella estructura hidráulica que se construye para entregar el agua a los agricultores desde las tuberías o los canales terciarios, en canales pueden ser compuertas, orificios con válvula o partidores proporcionales, mientras que en tuberías pueden ser válvulas manuales o hidráulicas.

UNIDADES IMPORTANTES

Las unidades más importantes referentes a los temas tratados en el presente documento se presentan en la Tabla 7, las unidades se transforman de fila a columna.

Tabla 7. Transformación de unidades de láminas de agua

Unidades	mm d^{-1}	$\text{m}^3 \text{d}^{-1} \text{ha}^{-1}$	$\text{l s}^{-1} \text{ha}^{-1}$
mm d^{-1}	-	$\text{L} \times 10$	$\frac{\text{L}}{8,64}$
$\text{m}^3 \text{d}^{-1} \text{ha}^{-1}$	$\frac{\text{V}}{10}$	-	$\frac{\text{V}}{86,4}$
$\text{l s}^{-1} \text{ha}^{-1}$	$q \times 8,64$	$q \times 86,4$	-

Ejemplo: transformar una lámina de $8,64 \text{ mm d}^{-1}$ al resto de unidades.

Tabla 8. Ejemplo de transformación de unidades

Unidades	mm d^{-1}	$\text{m}^3 \text{d}^{-1} \text{ha}^{-1}$	$\text{l s}^{-1} \text{ha}^{-1}$
mm d^{-1}	-	86,4	1,0

Entonces, una lámina de $8,64 \text{ mm d}^{-1}$ equivale a $10,0 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \text{ha}^{-1}$ y a $1,0 \text{ l s}^{-1} \text{ha}^{-1}$ (Tabla 8).

Tabla 9. Transformación de unidades de caudal

Unidades	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	l s^{-1}	$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$
$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	-	$q \times 1000$	$q \times 3600$
l s^{-1}	$\frac{q}{1000}$	-	$q \times 3,6$
$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$	$\frac{q}{3600}$	$\frac{q}{3,6}$	-

Ejemplo: transformar un caudal de $280 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$ al resto de unidades.

Tabla 10. Transformación de unidades de caudal

Unidades	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	l s^{-1}	$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$
$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$	$\frac{280}{3600} = 0,0778$	$\frac{280}{3,6} = 77,7778$	-

Se tiene que, un caudal de $280 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$ equivale a $0,0778 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ y a $77,7778 \text{ l s}^{-1}$ (Tabla 10).



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ankum, P. 2002. Flow Control in Irrigation Systems. Lecture Notes of the Master of Science program in Land and Water Development. IHE, Delft, The Netherlands.
- Brouwer, C., Prins, K., & Heibloem, W. 1989. Irrigation Water Management: Irrigation scheduling. Training manual No. 4. FAO Land and Water Development Division. Rome, Italy.
- Bos, M. 1989. Discharge measurement structures. International Institute for Land Reclamation and Improvement – ILRI. Wageningen, The Netherlands.
- Bos, M., & Nugteren, J. 1990. On irrigation efficiencies. International Institute for Land Reclamation and Improvement – ILRI. Wageningen, The Netherlands.
- Depeweg, H. 2002. Irrigation Topics: Manual Fieldwork Arnhem. Lecture Notes of the Master of Science program in Land and Water Development. IHE, Delft, The Netherlands.
- INRENA. 2005. Formulación del inventario de la infraestructura de riego y drenaje y vías de comunicación en los distritos de riego del Perú. Lima, Perú.
- Pupiales, I. 2019. Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “el pueblo” del sistema de riego Tumbaco. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Yungan, A. 2019. Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Churolooma” del sistema de riego Tumbaco. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Ejemplo de levantamiento detallado de la información de campo de un sistema de riego

1. Inventario del sistema de riego Tumbaco

El inventario del sistema de riego Tumbaco se realizó de julio a diciembre de 2017, para determinar el área bajo la infraestructura de riego, la red de canales, la infraestructura de riego y la eficiencia del proyecto.

El objetivo del estudio consistió en levantar la información de campo para conocer el tipo y estado actual de la infraestructura hidráulica (Figura A1.1).

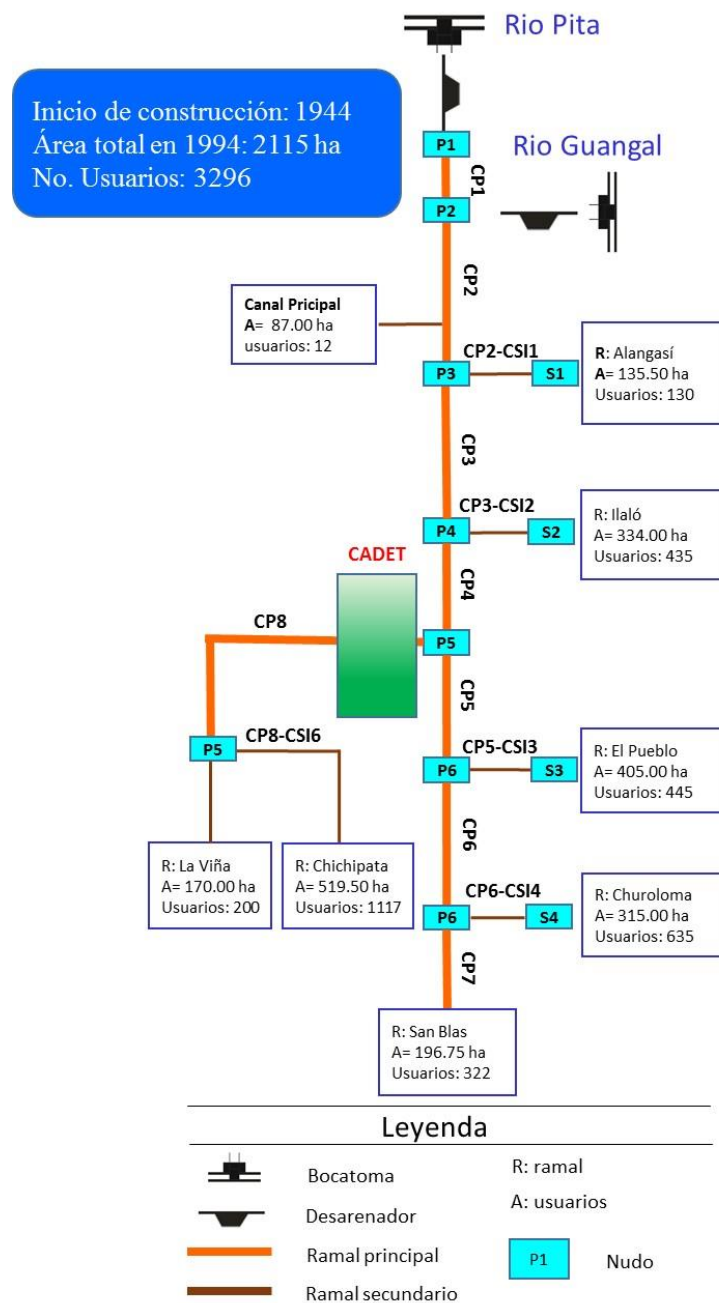


Figura A1.1. Diagrama unifilar del S.R. Tumbaco.

2. Metodología

Se utilizó la siguiente información para el desarrollo del trabajo:

- Guía metodológica de la ENIP
- Planos catastrales escala 1:5000
- Se utilizó imágenes satelitales actualizadas
- GPS de precisión
- Cámara fotográfica
- Para la medición de caudales se utilizó la información del limnómetro existente en el río

3. Inventario de la infraestructura hidráulica

3.1 Áreas de riego

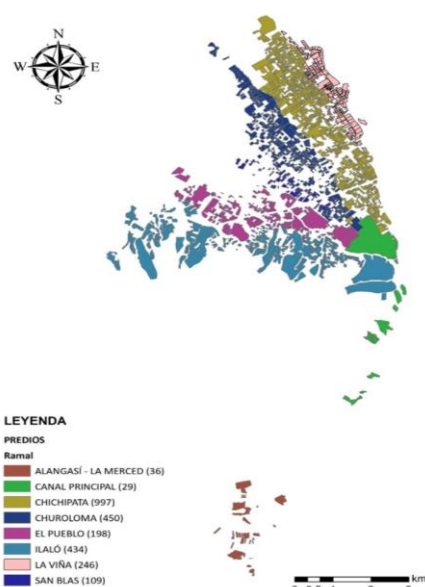


Figura A1.2. Áreas secundarias de riego del S.R. Tumbaco.

Fuente: Montufar *et al.*, 2017.

El sistema de riego Tumbaco cuenta una superficie total de 1539,25 ha (área de comando), cuenta con siete áreas secundarias y cerca de 420 unidades terciarias (Figura A1.2).

En la dirección del flujo del agua, los ramales son (Tabla A1.1): Alangasí – La Merced (27,84 ha), Ilaló (375,41 ha), El Pueblo (218,75 ha), San Blas (48,41 ha), Churoloma (221,96 ha), Chichipata (425,07 ha) y La Viña (115,82 ha).

La distribución del agua se realiza por turnos, durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Cada agricultor recibe un caudal de 10 litros por segundo.

En total existen alrededor de 3000 usuarios. El ramal con mayor cantidad de agricultores es el ramal Chichipata.

Tabla A1.1. Área de riego en el sistema de riego Tumbaco.

RAMAL	Superficie regable (ha)	Superficie no regable (ha)	Total (ha)
Chichipata	300,42	124,66	425,07
Ilaló	231,70	143,71	375,41
Churoloma	153,98	67,98	221,96
El Pueblo	145,06	73,68	218,75
La Viña	88,38	27,45	115,82
Canal principal	94,03	11,95	105,98
San Blas	31,16	17,25	48,41
Alangasí – La Merced	10,87	16,97	27,84
TOTAL	1055,6	483,65	1539,25

Fuente: Montufar *et al.*, 2017.

3.2 Fuente de agua

La fuente de agua lo integran los ríos Pita y Guangal, en el río Guangal se encuentra construida una bocatoma que permite ingresar el caudal de ambos ríos. El caudal autorizado es de $1,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y el que se deriva desde el río Guangal es de $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figura A1.4). El caudal máximo se produce en el mes de abril, con un promedio de $4,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y el menor en el mes de agosto con $0,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figura A1.3).

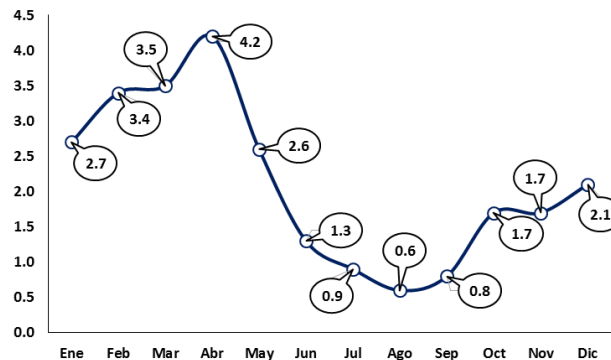


Figura A1.3. Caudales medidos en el río Pita durante los doce meses del año.

3.3 Bocatoma

La bocatoma (Figura A1.4) se encuentra ubicada a la altura de la cota 2532 msnm, en la margen izquierda del río Guangal. La bocatoma es de tipo permanente, con barraje fijo y toma lateral con compuerta. La bocatoma en general se encuentra en buen estado.

- **Vertedero frontal.** El cimacio está construido en mampostería de piedra, de 26 metros de longitud, 3,0 metros de ancho y 2,5 metros de alto. El cimacio sirve para regular el caudal de ingreso a través de la compuerta lateral y la limpieza de la bocatoma se realiza a través de una compuerta metálica de 1,5 metros de ancho y 1,8 metros de alto.
- **Compuerta.** La compuerta de salida del agua de riego al canal aductor es de 1,5 metros de ancho y 1,8 metros de alto y se utiliza para regular el caudal de ingreso al canal durante los 365 días del año.
- **Canal aductor.** Es de mampostería de piedra, de sección rectangular cuyas dimensiones son: solera de 1,5 metros, 1,2 metros de alto, 0,4 metros de ancho y 36 metros de longitud.
- **Desarenador.** Es una estructura convencional, construida en mampostería de piedra, con paredes de 0,4 metros de ancho, con profundidades que varían de 1,5 a 3,5 metros. En la margen derecha del desarenador se encuentra ubicada una compuerta metálica, con manija circular y tornillo sin fin (Figura A1.4), cuyas dimensiones son: ancho de 1,5 metros y altura de 3,5 metros.
- **Canal de Limpia.** El canal de limpia se encuentra ubicado aguas debajo de la compuerta de lavado del desarenador y drena sus aguas en al río Guangal. El canal tiene una pendiente del 10%, sección rectangular, construido en mampostería de piedra, con paredes de 0,4 metros de ancho, de 1,5 metros de ancho y 1,2 metros de altura.
- **Muro de encausamiento.** El muro de encausamiento está construido en mampostería de piedra, de 0,4 metros de ancho, 3,5 metros de alto y 31,4 metros de longitud.

3.4 Red de canales



Figura A1.4. Plano de ubicación de la infraestructura hidráulica: (1) bocatoma, (2) desarenador, (3) canal principal, (4) compuerta principal ramal y (5) compuertas de derivación.

La red de canales principal, secundaria y terciaria es de sección irregular, de secciones no revestidas. El cauce o sección del canal está constituida por Cangahua (material endurecido). La longitud del canal principal fue de 21,76 kilómetros, la longitud de la red de canales secundarios es de 48,61 km y la red de canales terciarios de 178,69 km (Tabla A1.2, Figura A1.4.3 y Figuras A1.6: 4 a 6). La solera del canal principal varía de 0,8 a 1,5 metros y la altura de 0,5 a 2,0 metros, dimensiones similares tienen los canales secundarios.

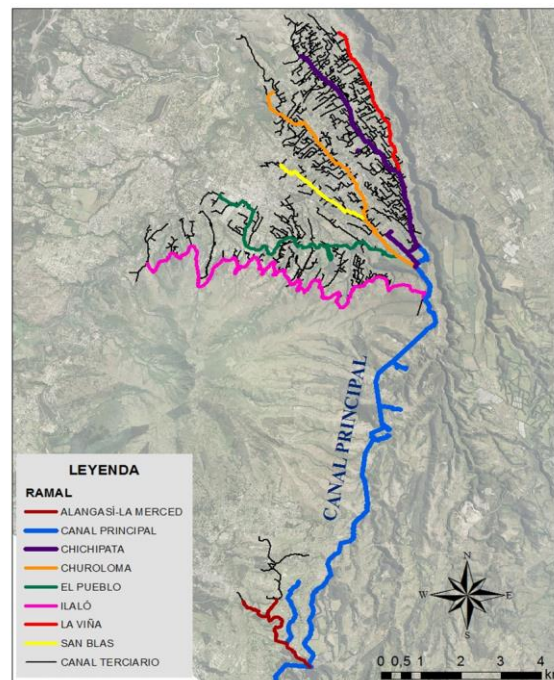


Figura A1.5. Redes de canales del sistema de riego Tumbaco.
Montufar *et al.*, 2017.

Tabla A1.2. Longitud de canales principal, secundario y terciario

Canal	Principal		Secundario		Terciario	
TIPO	L (km)	P (%)	L (km)	P (%)	L (km)	P (%)
Tierra	3,38	15,52	22,01	45,29	79,75	44,63
Revestido	0,69	3,16	10,80	22,22	45,59	25,52
Entubado	0,86	3,94	4,80	9,88	49,30	27,59
Embaulado	0,00	0,00	3,99	8,20	2,92	1,63
Túnel	0,00	0,00	7,01	14,41	0,92	0,52
SD	16,84	77,38	0,00	0,00	0,20	0,11
TOTAL	21,76	100,00	48,61	100,00	178,69	100,00

Fuente: Montufar *et al.*, 2017.

3.5 Compuertas de derivación



Figura A1.6. Infraestructura de riego: (1) compuerta canal principal – ramal Alangasí, (2) compuerta división ramal Chichipata – ramal Churolooma, (3) toma de entrega a una unidad terciaria, (4) canal principal Tumbaco, (5) canal secundario ramal La Viña y (6) canal terciario ramal Chichipata.

El control del agua desde el canal principal a los ramales secundarios se realiza a través de compuertas metálicas con manija circular y tornillo sin fin (Figuras A1.6: 1 y 2). El ancho de las compuertas varía de 1,2 a 1,6 metros y la altura de 1,5 a 2,0 metros. El control del agua desde los ramales secundarios a los terciarios se realiza a través de compuertas metálicas (Figura A1.6.3). El ancho de las compuertas es de 0,8 metros y la altura de 1,0 metro.

Se anexa:

- Información levantada de la bocatoma (Formato 1).
- Información levantada del desarenador (Formato 2).



Formato 1: Bocatoma

Sistema de Riego	:	Tumbaco
Ramal secundario	:	-
Unidad terciaria	:	-
Nombre Bocatoma	:	Río Pita
Caudal diseño	:	0,5 m ³ s ⁻¹
Caudal aforado	:	0,58 m ³ s ⁻¹
Abscisa	:	0+00
Altitud (msnm)	:	2538
Latitud (UTM)	:	0°17' 29,08"
Longitud (UTM)	:	78°22' 47,10"
Tipo bocatoma	:	Toma lateral
Año construcción	:	1947
Junta Usuarios	:	JRT
Junta ramal	:	-
Junta U. Terciaria	:	-
Nombre fuente	:	Río Pita
Margen	:	Derecha
Material construcción	:	Mampostería piedra



Ingreso del agua a la bocatoma

Ventana captación		Compuerta regulación	
Lateral	: X	Fondo	:
Longitud	:	Altura	:
Número rejillas	:	Espacio rejas	:
Grosor pletina	:	Ancho pletina	:
Estado actual	:	Estado actual : bueno, en operación	

Vertedero, cimacio, azud

Longitud: 26 m	Ancho: 3,0 m	Altura: 2,5 m	Estado: Bueno
Muros de ala			
Margen: derecha	Longitud: 31,4 m	Altura: 2,5 m	Ancho: 0,4 m

Pozo amortiguamiento o zampeado

Longitud:-	Ancho:-	Profundidad:-	Drenes:-
------------	---------	---------------	----------

Enrocado o muro de gaviones

Margen:-	Longitud:-	Altura:-	Ancho:-
----------	------------	----------	---------

Observaciones:

La bocatoma se encuentra en buen estado. Existe una filtración en la parte frontal del vertedero (azud). Existe acumulación de material aguas arriba del vertedero. Existen plantas creciendo en la estructura del muro de ala. No existe erosión aguas abajo del vertedero. El lavado del desripador y desarenador se realiza en forma semanal.



Formato 2. Desarenador

Tipo desarenador	:	Convencional	
Abscisa	:	0+100	
Altitud (msnm)	:	2538	
Latitud (UTM)	:	0°17'25,28"	
Longitud (UTM)	:	78°22'47,70"	
Ancho (m)	:	2536	
Longitud (m)	:	15,0	
Altura (m)	:	3,5	

Compuertas

Compuerta entrada		Compuerta lavado	
Ancho	: -	Altura	: -
Operación	: -	Ancho	: 1,8 m
Estado actual	: -	Altura	: 3,5 m
		Operación	: manual
		Estado actual	: bueno

Vertedero de salida

Longitud: 8,5 m	Ancho: 0,4 m	Altura: 1,20 m	Estado: bueno
-----------------	--------------	----------------	---------------

Vertedero de excesos

Longitud: -	Ancho: -	Altura: -	Estado: -
-------------	----------	-----------	-----------

Pantalla de entrada

Longitud: -	Ancho: -	Profundidad: -	Estado: -
-------------	----------	----------------	-----------

Pantalla de salida

Longitud: -	Ancho: -	Profundidad: -	Estado: -
-------------	----------	----------------	-----------

Observaciones:

El desarenador se encuentra en buen estado. El material de construcción es de mampostería de piedra. Los sedimentos de fondo se lavan en forma semanal. Los sedimentos en su mayoría son arenas. La compuerta del lavado opera en forma manual. El desarenador es del tipo convencional.

Tipo desarenador: Convencional o riego tecnificado

Operación: Manual, mecánica o mixto.

Estado actual: Bueno, regular, malo.



Formato 1. Bocatoma

Sistema de Riego :	
Ramal secundario :	
Unidad terciaria :	
Nombre Bocatoma :	
Caudal diseño :	
Caudal aforado :	
Abscisa :	
Altitud (msnm) :	
Latitud (UTM) :	
Longitud (UTM) :	
Tipo bocatoma :	
Año construcción :	
Junta Usuarios :	
Junta ramal :	
Junta U. Terciaria :	
Nombre fuente :	
Margen :	
Material construcción :	

Ingreso del agua a la bocatoma

Ventana captación		Compuerta regulación	
Lateral :	Fondo :	Ancho :	Altura :
Longitud :	Altura :	Operación :	
Número rejillas :	Espacio rejas :		
Grosor pletina :	Ancho pletina :		
Estado actual :		Estado actual :	

Vertedero, cimacio, azud

Longitud:	Ancho:	Altura:	Estado:
Muros de ala			
Margen:	Longitud:	Altura:	Ancho:

Pozo amortiguamiento o zampeado

Longitud:	Ancho:	Profundidad:	Drenes:
-----------	--------	--------------	---------

Enrocado o muro de gaviones

Margen:	Longitud:	Altura:	Ancho:
Observaciones:			

UT: unidad terciaria.

Margen: D, derecha; I, izquierda.

Tipo bocatoma: lateral, caucasiana, directa.

Material construcción: concreto, mampostería o rústico.

Operación: Manual, mecánica o mixto.

Estado actual: Bueno, regular, malo.

Pletina: perfil metálico rectangular.

Formato 2. Desarenador

Tipo desarenador	:		
Abscisa	:		
Altitud (msnm)	:		
Latitud (UTM)	:		
Longitud (UTM)	:		
Ancho (m)	:		
	:		
Longitud (m)	:		
Altura (m)	:		

Compuertas

Compuerta entrada		Compuerta lavado	
Ancho :	Altura :	Ancho :	Altura :
Operación :		Operación :	
Estado actual :		Estado actual :	

Vertedero de salida

Longitud:	Ancho:	Altura:	Estado:
-----------	--------	---------	---------

Vertedero de excesos

Longitud:	Ancho:	Altura:	Estado:
-----------	--------	---------	---------

Pantalla de entrada

Longitud:	Ancho:	Profundidad:	Estado:
-----------	--------	--------------	---------

Pantalla de salida

Longitud:	Ancho:	Profundidad:	Estado:
-----------	--------	--------------	---------

Observaciones:

Tipo desarenador: Convencional o riego tecnificado

Operación: Manual, mecánica o mixto.

Estado actual: Bueno, regular, malo.

Formato 3. Red de canales de riego

Formato No. 3
RED PRINCIPAL DE CANALES DE RIEGO

Nombre del Sistema de Riego:												Nombre de Junta Usuarios:											
No. Ramales Secundarios:												No. Juntas Ramales:											
No. Unidades Terciarias:												No. Junta U. Terciaria:											
Nombre Fuente de agua:												No. Socios											
Año de construcción:												Caudal Concesión (m³ s⁻¹):											
Área de riego (ha):												Fecha:											
Tramo	Código	Abscisa		L (m)	Tipo		Sección del canal				Caudal (m³ s⁻¹)		Compuerta		Estructuras hidráulicas								Canal secundario
		A. 1	A. 2		Revestido	No revestido	Sección	T (m)	B (m)	H (m)	Q.1	Q.2	Ancho (m)	Alto (m)	Sifón		Acueducto		Alcantarilla		Rápida - Caida		Código
															Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
1		A:	A:												A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:												X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:												Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:												Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
2		A:	A:												A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:												X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:												Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:												Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
3		A:	A:												A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:												X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:												Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:												Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
4		A:	A:												A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:												X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:												Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:												Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
5		A:	A:												A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:												X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:												Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:												Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			

Abscisa: A1, Inido del tramo; A2, final del tramo.
Tipo: Revestido, mamposteria u hormigón; No revestido, en tierra.
Sección del canal: Sección: R, rectangular; T, trapezoidal; Tr, triangular; C, circular; SF, sin forma para canales no revestidos.
Caudal: Q1, caudal al inicio del tramo; Q2, caudal al final del tramo.



Formato 4. Red secundaria de canales de riego

Formato No. 4
RED SECUNDARIA DE CANALES DE RIEGO

Nombre Ramal Secundario:														Nombre Junta Ramal:										
No. Unidades Terciarias:														No. Junta U. Terciaria:										
Área de riego (ha):														No. Socios										
Caudal asignado ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$):														Fecha:										
Tramo	Código	Abscisa		L (m)	Tipo		Sección del canal				Caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		Compuerta		Estructuras hidráulicas								Canal terciario	
		A.1	A.2		Revestido	No revestido	Sección	T (m)	B (m)	H (m)	Q.1	Q.2	Ancho (m)	Alto (m)	Sifón		Acueducto		Alcantarilla		Rápida - Caída			
		Inicial	Final		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Código											
1		A:	A:													A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:													X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:													Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:													Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
2		A:	A:													A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:													X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:													Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:													Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
3		A:	A:													A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:													X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:													Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:													Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
4		A:	A:													A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:													X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:													Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:													Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			
5		A:	A:													A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:													X:	X:	X:	X:	X:	X:			
		Y:	Y:													Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:			
		Z:	Z:													Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:			

Caudal: Q1, caudal al inicio del tramo; Q2, caudal al final del tramo.



Formato 5. Red terciaria de canales de riego

Formato No. 5
RED TERCIARIA DE CANALES DE RIEGO

Nombre Unidad Terciaria:												Nombre Junta U.T.:											
Área de riego (ha):												Nombre Presidente:											
Caudal asignado (l s^{-1}):												No. Socios:											
Tiempo asignado (24 x 7):												Fecha:											
Tramo	Código	Abscisa		L (m)	Tipo		Sección del canal			Caudal (l s^{-1})		Toma de entrega al agricultor						Usuario					
		A.1	A.2		Revestido	No revestido	Sección	T (m)	B (m)	H (m)	Q.1	Q.2	Compuerta		Partidor		Tubería		No.	Area (Ha)	Tumo	Caudal (l s^{-1})	
													Ancho (m)	Alto (m)	Ancho 1 (m)	Ancho 2 (m)	D (mm)	H (m)					
		A:	A:																				
		X:	X:																				
		Y:	Y:																				
		Z:	Z:																				
		A:	A:																				
		X:	X:																				
		Y:	Y:																				
		Z:	Z:																				
		A:	A:																				
		X:	X:																				
		Y:	Y:																				
		Z:	Z:																				

Abscisa: A1, inicio del tramo; A2, final del tramo.

Tipo: Revestido, mampostería u hormigón; No revestido, en tierra.

Sección del canal: Sección: R, rectangular; T, trapezoidal; Tr, triangular; C, circular; SF, sin forma para canales no revestidos.

Caudal: Q1, caudal al inicio del tramo; Q2, caudal al final del tramo.

Formato 6. Reservorios

Volumen reservorio (m3) :		
Abscisa :		
Altitud (msnm) :		
Latitud (UTM) :		
Longitud (UTM) :		
Ancho (m) :		
Longitud (m) :		
Profundidad (m) :		
Material construcción :		

Tubería de Ingreso

Diámetro Tubo (mm):	Diámetro Válvula (mm):	Estado:
---------------------	------------------------	---------

Tubería de salida

Diámetro Tubo (mm):	Diámetro Válvula (mm):	Estado:
---------------------	------------------------	---------

Desarenador a la entrada

Longitud:	Ancho:	Profundidad:	Estado:
-----------	--------	--------------	---------

Tubería lavado reservorio

Diámetro Tubo (mm):	Diámetro Válvula (mm):	Estado:
---------------------	------------------------	---------

Observaciones:

Material de construcción: HA, hormigón armado; HS, hormigón simple; GM, geo membrana; NR, no revestido.

Formato 7. Red principal de tuberías

Formato No. 7
RED PRINCIPAL DE TUBERÍAS

Nombre del Sistema de Riego:								Nombre de Junta Usuarios:										
No. Ramales Secundarios:								No. Juntas Ramales:										
No. Unidades Terciarias:								No. Junta U. Terciaria:										
Nombre Fuente de agua:								No. Socios										
Año de construcción:								Caudal Concesión (m³ s⁻¹):										
Área de riego (ha):								Fecha:										
Tramo	Código	Abscisa		L (m)	Material			Diámetro	Caudal (m³ s⁻¹)		Estructuras hidráulicas y válvulas de control							Red secundaria
		N1	N2		PVC	Asbesto C.	Hierro		D (mm)	Q.1	Q.2	TRP	Sifón		VRP	VSP	VA	VL
1		A:	A:								A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:		
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
2		A:	A:								A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:		
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
3		A:	A:								A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:		
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
4		A:	A:								A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:		
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
5		A:	A:								A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	
		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:		
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		

Caudal: Q1, caudal al inicio del tramo; Q2, caudal al final del tramo.
Estructuras hidráulicas: TRP, tanque rompe presión; VRP, válvula reductora de presión; VSP, válvula sostenedora de presión; VA, válvula de aire; VL, válvula de lavado.
Ubicación: A, abscisa; X, longitud; Y, latitud; Z, altitud.



Formato 8. Red secundaria de tuberías

Formato No. 8
RED SECUNDARIA DE TUBERÍAS

Nombre Ramal Secundario:										Nombre Junta Ramal:								
No. Unidades Terciarias:										No. Junta U. Terciaria:								
Área de riego (ha):										No. Socios								
Caudal asignado ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$):										Fecha:								
Tramo	Código	Abscisa		L (m)	Material			Diámetro D (mm)	Caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		Estructuras hidráulicas y válvulas de control							Red secundaria Código
		N1	N2		PVC	Asbesto C.	Hierro		Q.1	Q.2	TRP	Sifón		VRP	VSP	VA	VL	
		A:	A:								A:	A:	A:					A:
1		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:	X:	
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
2		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:	X:	
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
3		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:	X:	
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
4		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:	X:	
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		
5		X:	X:								X:	X:	X:	X:	X:	X:	X:	
		Y:	Y:								Y:	Y:	Y:	Y:	Y:	Y:		
		Z:	Z:								Z:	Z:	Z:	Z:	Z:	Z:		

Caudal: Q1, caudal al inicio del tramo; Q2, caudal al final del tramo.

Estructuras hidráulicas: TRP, tanque rompe presión; VRP, válvula reductora de presión; VSP, válvula sostenedora de presión; VA, válvula de aire; VL, válvula de lavado.

Ubicación: A, abscisa; X, longitud; Y, latitud; Z, altitud.



Formato 9. Red principal de tuberías

Formato No. 9
RED TERCIARIA DE TUBERÍAS

Nombre Unidad Terciaria:								Nombre Junta U.T.:							
Área de riego (ha):								Nombre Presidente:							
Caudal asignado (l s ⁻¹):								No. Socios:							
Tiempo asignado (24 x 7):								Fecha:							
Tramo	Código	Abscisa		L (m)	Material y diámetro de la tubería							Usuario			
		N1	N2		PVC	Asbesto C.	Hierro	D (mm)	VRP	VRQ	VM	Info.	Area (Ha)	Turno	Caudal (l s ⁻¹)
1		A:	A:						A:	A:	A:	No:			
		X:	X:						X:	X:	X:	D:			
		Y:	Y:						Y:	Y:	Y:	DTS:			
		Z:	Z:						Z:	Z:	CRP:				
2		A:	A:						A:	A:	A:	No:			
		X:	X:						X:	X:	X:	D:			
		Y:	Y:						Y:	Y:	Y:	DTS:			
		Z:	Z:						Z:	Z:	CRP:				
3		A:	A:						A:	A:	A:	No:			
		X:	X:						X:	X:	X:	D:			
		Y:	Y:						Y:	Y:	Y:	DTS:			
		Z:	Z:						Z:	Z:	CRP:				
4		A:	A:						A:	A:	A:	No:			
		X:	X:						X:	X:	X:	D:			
		Y:	Y:						Y:	Y:	Y:	DTS:			
		Z:	Z:						Z:	Z:	CRP:				
5		A:	A:						A:	A:	A:	No:			
		X:	X:						X:	X:	X:	D:			
		Y:	Y:						Y:	Y:	Y:	DTS:			
		Z:	Z:						Z:	Z:	CRP:				

Caudal: Q1, caudal al inicio del tramo; Q2, caudal al final del tramo.

Estructuras hidráulicas: TRP, tanque rompe presión; VRP, válvula reductora de presión; VSP, válvula sostenedora de presión; VA, válvula de aire; VL, válvula de lavado.

Ubicación: A, abscisa; X, longitud; Y, latitud; Z, altitud.

Info: No, número de la válvula en la red; D, diámetro de la válvula (pulgadas); DTS, diámetro de la tubería de salida (mm).

Cabezal Riego Parcela (CRP): N, ninguno; FV, filtrado y venturi; F, filtrado; V, venturi; CC, cabezal completo (VRP+filtrado+venturi).