



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Caracterización hidráulica y social de la eficiencia de conducción y
distribución en el Ramal “La Viña” del Sistema de Riego Tumbaco

Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del
Título de Ingeniero Agrónomo

AUTORA: Inca Campos Carmen Alexandra

TUTOR: M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

Quito, 2020

DERECHOS DE AUTOR

Yo, CARMEN ALEXANDRA INCA CAMPOS, en calidad de autora y titular del trabajo de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SOCIAL DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “LA VIÑA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**, modalidad presencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACION, concedo a favor de la Universidad Central del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la norma citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Carmen Alexandra Inca Campos

CC: 1717165755

Dirección electrónica: alexandrincadg@gmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por la Srta. CARMEN ALEXANDRA INCA CAMPOS, para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, cuyo título es: **CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SOCIAL DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “LA VIÑA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y los méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a 26 días de Febrero de 2020

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE – TUTOR

CC. 1102697396

CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SOCIAL DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “LA VIÑA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO

APROBADO POR

Ing. Randon Ortiz, MSc.

TUTOR

Ing. Jaime Alberto Pazmiño Mayorga, MSc.

LECTOR 1

Ing. Juan Pablo Hidalgo Bastidas, PhD.

LECTOR 2

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar a este momento de mi formación profesional.

A mis padres que siempre me apoyaron incondicionalmente, brindándome su amor y confianza para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mis amigos de aula y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa.

Alexandra

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento a Dios por sus bendiciones.

A toda mi familia, especialmente a mis padres por su incansable ayuda y su apoyo en todo momento.

A mi tutor Ing. Randon Ortiz, por su paciencia, tiempo, comprensión y por ser mi guía en el desarrollo de este trabajo.

A los docentes por su sabiduría y conocimientos que motivaron para desarrollarme como profesional de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador.

A los usuarios, canaleros y presidente de la Junta de Riego Tumbaco, ramal La Viña, que me brindaron su colaboración con el trabajo de campo.

A mis amigas y amigos con quienes compartí momentos inolvidables y fueron un gran apoyo durante estos años de estudio.

Alexandra

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE FOTOGRAFÍAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ABREVIATURAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CERTIFICACIÓN.....	xix
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Sistema de riego	3
2.2.1 Marco Legal e Institucional	4
2.2.2 Sistema de Riego Tumbaco	4
2.2.3 Junta de Regantes	5
2.2.4 Turno de agua	6
2.2.5 Derechos de agua.....	6
2.3 Eficiencia de riego	7
2.3.1 Eficiencia de conducción	7
2.3.2 Eficiencia de distribución (Efd).....	8

2.3.2.1 Uniformidad de distribución del agua.....	8
2.3.2.1.1 Coeficiente de uniformidad de Christiansen	8
2.4 Medición de caudales	9
2.4.1 Vertedero rectangular de cresta delgada sin contracciones	9
2.4.2 Medidor Parshall	10
2.4.2.1 Partes del medidor de Parshall.....	10
2.4.2.2 Caudales en función al ancho de la garganta del canal de Parshall	11
2.5 Balance Hídrico	12
2.5.1 Precipitación.....	12
2.5.3 Coeficiente de cultivo.....	13
2.5.4 Métodos de riego	14
2.5.4.1 Riego superficial o gravedad	14
2.5.4.2 Riego presurizado	15
2.5.5 Necesidad hídrica diaria	15
2.6 Agronomía del riego	16
2.6.1 Frecuencia de riego	16
2.6.1.1 Factores que determinan la frecuencia de riego	16
2.6.2 Volumen diario de aplicación del agua	16
2.6.3 Volumen a nivel parcela	16
2.6.4 Tiempo de riego	17
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Ubicación.....	18
3.1.1 Características climáticas	19
Fuente: Climate – Data (2018)	19
3.2 Materiales.....	19
3.2.1 Insumos	19
3.2.2 Equipos	19
3.2.3 Programas informáticos	20
3.2.4 Materiales de oficina.....	20

3.3	Metodología	20
3.3.2	Eficiencia de conducción y distribución en el óvalo	24
3.3.2.1	Eficiencia de conducción del óvalo.....	25
3.3.2.2	Eficiencia de distribución	25
3.3.2.3	Sobre o sub irrigación	26
	Lámina total	27
	Cálculo de áreas irrigables.....	30
3.3.3	Entrevistas.....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	Eficiencia de conducción	32
4.1.1	Levantamiento de información	32
4.1.2	Secciones	35
4.1.3	Medición de caudal	37
4.1.4	Cálculo de eficiencia de conducción	37
4.1.5	Aspectos sociales en el ramal	39
4.2	Eficiencia de conducción y distribución en el óvalo 7 - 19.....	40
4.2.1	Levantamiento de información	40
4.2.2	Eficiencia de conducción.....	41
4.2.3	Eficiencia de distribución	44
4.2.4	Aspectos sociales en el óvalo 7-19	46
4.2.5	Sobre y sub irrigación.....	47
4.3	Análisis social.....	50
V.	CONCLUSIONES.....	52
VI.	RECOMENDACIONES.....	53
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	54
VIII.	ANEXOS	61

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Valores referenciales de Efc (%) para canales de riego	7
Cuadro 2. Eficiencia de distribución en canales	8
Cuadro 3. Calificación del sistema de riego en función del CUC	9
Cuadro 4. Rangos de caudales de operación en canales	11
Cuadro 5. Características agroclimáticas de Tumbaco-Pichincha	19
Cuadro 6. Interpretación de la eficiencia de conducción	24
Cuadro 7. Interpretación eficiencia de distribución	26
Cuadro 8. Actores entrevistados.	31
Cuadro 9. Tipo de canales y longitud	33
Cuadro 10. Información de la sección 1	35
Cuadro 11. Información de la sección 2	36
Cuadro 12. Información de la sección 3.	36
Cuadro 13. Caudales medidos en las tres secciones del ramal	37
Cuadro 14. Eficiencia de conducción	38
Cuadro 15. Identificación principales estructuras en óvalo 7-19	40
Cuadro 16. Longitud y tipo de canales terciarios en el óvalo 7-19	41
Cuadro 17. Eficiencia de conducción	43
Cuadro 18. Eficiencia de distribución en el óvalo 7-19	45
Cuadro 19. Sobre irrigación o sub irrigación del cultivo	48

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Estructura de la JRT (Junta de Riego Tumbaco, 2017).....	5
Figura 2. Vertedero rectangular sin contracciones	10
Figura 3. Medidor Parshall.....	11
Figura 4. Ubicación del sitio experimental	18
Figuras 5 y 6.	20
Figura 6. Esquema metodológico Fase III	22
Figura 7. Croquis con los puntos de monitoreo.	23
Figura 8. Croquis de los puntos de monitoreo.	24
Figura 9. Ubicación del Ramal “La Viña” y del óvalo 7-19 en el sistema de riego Tumbaco	32
Figura 10. Canal secundario.....	34
Figura 12. Uso de suelo óvalo 7 -19.....	47
Figura 13. Determinación tiempo de riego Usuario N. 1.....	49
Figura 14. Determinación tiempo de riego Usuario N. 11.....	50

ÍNDICE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA	PÁGINA
Fotografía 1. Canal secundario sin revestir	72
Fotografía 2. Canal secundario entubado	72
Fotografía 3. Canal secundario embaulado.....	72
Fotografía 4. Canal secundario revestido.....	72
Fotografía 5. Derivación del caudal hacia la red terciaria.	73
Fotografía 6. Válvula 4" ubicada en el ingreso al óvalo 7-19	73
Fotografía 7. Toma revestida.....	73
Fotografía 8. Canal terciario revestido	73
Fotografía 9. Canal terciario abierto.....	74
Fotografía 10. Canal terciario embaulado	74
Fotografía 11. Caja de revisión	74
Fotografía 12. Compuerta	74
Fotografía 13. Identificación de la sección 1 punto 1	75
Fotografía 14. Ubicación del canal de Parshall en el punto 1	75
Fotografía 15. Taponamiento de las fugas	75
Fotografía 16. Toma de lectura en el punto 1.....	75
Fotografía 17. Identificación del punto 2	76
Fotografía 18. Ubicación del canal de Parshall.....	76
Fotografía 19. Taponamiento de las fugas	76
Fotografía 20. Lectura en la regleta punto 2	76
Fotografía 21. Identificación de la sección 2	77
Fotografía 22. Colocación del canal de Parshall en el punto 1.....	77
Fotografía 23. Toma de la lectura en el punto 1	77
Fotografía 24. Colocación del canal de Parshall en el punto 2.....	77
Fotografía 25. Taponamiento de las fugas de agua	78
Fotografía 26. Toma de la lectura en la regleta punto 2.....	78
Fotografía 27. Identificación de la sección 3	78

Fotografía 28. Toma de la lectura en la regleta punto 1.....	78
Fotografía 29. Ubicación del canal de Parshall en el punto 2.	79
Fotografía 30. Toma de lectura en el punto 2.....	79
Fotografía 31. Válvula de entrada al óvalo 7-19.....	80
Fotografía 32. Medición del caudal de ingreso al óvalo 7-19	80
Fotografía 33. Medición caudal predio Sra. Vilaña María Rosario	80
Fotografía 34. Medición caudal predio Sr. Vilaña Segundo.	80
Fotografía 35. Medición caudal predio Sra. Vilaña Manuela	81
Fotografía 36. Medición caudal predio Sra. Vilaña María Francisca	81
Fotografía 37. Medición caudal predio Sra. Vilaña María Rosa	81
Fotografía 38. Limpieza canal terciario para medición caudal en últimos predios.....	81
Fotografía 39. Toma punto 1	82
Fotografía 40. Toma punto 2	82
Fotografía 41. Toma punto 3	82
Fotografía 42. toma punto 4.....	82
Fotografía 43. Alfalfa	83
Fotografía 44. Aguacate.....	83
Fotografía 45. Pasto.....	83
Fotografía 46. Cítricos.....	83
Fotografía 47. Hortalizas.....	84
Fotografía 48. Fréjol.....	84
Fotografía 49. Maíz.....	84
Fotografía 50. Entrevista al Sr. Bolívar Guapaz (operario)	85
Fotografía 51. Entrevista Sra. María Rosa Vilaña	85
Fotografía 52. Entrevista presidenta del óvalo	85
Fotografía 53. Entrevista presidente JRT	85

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
Anexo 1. Vocabulario técnico	61
Anexo 2. Registro de información. Eficiencia de conducción	64
Anexo 3. Registro de información. Eficiencia de distribución	65
Anexo 4. Registro de información. Área de cultivos	66
Anexo 5. Guía entrevista Sr. Canaletero	67
Anexo 6. Guía entrevista Sr. presidente del ramal	68
Anexo 7. Guía entrevista presidente del óvalo	69
Anexo 8. Guía entrevista Sr. presidente JRT	70
Anexo 9. Guía entrevista usuarios	71
Anexo 10. Estructuras hidráulicas	72
Anexo 11. Eficiencia de conducción en el ramal secundario	75
Anexo 12. Eficiencia de distribución	80
Anexo 13. Determinación de áreas irrigables	82
Anexo 14. Cultivos	83
Anexo 15. Entrevistas	85
Anexo 16. Cuadro de datos obtenidos con el medidor de Parshall para el cálculo de eficiencia de conducción	86
Anexo 17. Medición de caudales para determinar la eficiencia de distribución	88
Anexo 18. Área cultivada	89
Anexo 19. Turno de riego	90
Anexo 20. Tiempo de riego calculado para cada usuario	91
Anexo 21. Mapa de óvalos del ramal La Viña	97
Anexo 22. Identificación de puntos para determinar la Eficiencia de conducción	98
Anexo 23. Tiempo de riego máximo	99
Anexo 24. Reglamentos y estatutos de la JRT.	100

ABREVIATURAS

CADET	Centro Académico Docente Experimental La Tola
CORSINOR	Corporación Regional de la Sierra Norte
CUC	Coeficiente de uniformidad de Christiansen
EPA	Empresa Pública de Agua
Ed	Eficiencia de distribución (%)
Efa	Eficiencia de aplicación (%)
Efc	Eficiencia de conducción (%)
ETo	Evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})
ETr	Evapotranspiración real del cultivo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fr	Frecuencia de riego (días)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
H	Carga hidráulica del vertedero (m)
Ha	Hectáreas
ICID	Comisión Internacional de Riego y Drenaje
INAMHI	Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología
INERHI	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
JGUSIRTUM	Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco
JRT	Junta de Riego Tumbaco
Kc	Coeficiente del cultivo
Kp	Coeficiente del tanque evaporímetro
L	Ancho de la cresta (m)
Ln	Lámina neta (mm)
LT	Lámina total (mm)
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
NHD	Necesidad hídrica diaria (mm día^{-1})
NHDC	Necesidad hídrica diaria del cultivo (mm día^{-1})

NHDp	Necesidad hídrica diaria ponderada (mm día^{-1})
NHM	Necesidad hídrica mensual (mm mes^{-1})
Q	Caudal (l s^{-1})
Qi	Caudal de ingreso (l s^{-1})
Qs	Caudal de salida (l s^{-1})
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SRT	Sistema de Riego Tumbaco
Tr	Tiempo de riego (h)
Tr. Max	Tiempo de riego máximo
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UTM	Universal Transversa de Mercator
V	Volumen (m^3)
V25%	V/S promedio del 25% de los V/S más bajos
V/S	Volumen sobre superficie ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)
WGS 1984	World Geodetic System 1984

TÍTULO: Caracterización hidráulica y social de la eficiencia de conducción y distribución en el Ramal “La Viña” del sistema de riego Tumbaco.

Autora: Carmen Alexandra Inca Campos

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

RESUMEN

El agua es un recurso natural muy importante y su uso debe ser optimizado en la agricultura. La investigación se realizó para determinar la eficiencia de conducción en el ramal “La Viña” del Sistema de Riego Tumbaco, la eficiencia de conducción y de distribución en el óvalo 7-19, sub irrigación o sobre irrigación en los predios del óvalo, incluyendo un análisis social a través de entrevistas. Resultados: i) la eficiencia de conducción promedio en el ramal fue del 86.48%; ii) la eficiencia de conducción promedio en la red terciaria del 67.99%; iii) la eficiencia de distribución en el óvalo 36.11%; iv) todos los usuarios presentaron sub irrigación en el mes crítico (agosto); v) existe una distribución inequitativa del agua. En conclusión, la eficiencia de conducción en el canal secundario fue alta, la eficiencia de distribución en el óvalo fue baja, todos los usuarios presentaron sub irrigación y en los aspectos sociales, se determinó que éstos influyen directamente en la operación del sistema de riego.

PALABRAS CLAVE: EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN, EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN, ÓVALO, SUB IRRIGACIÓN, SOBRE IRRIGACIÓN, NECESIDADES HÍDRICAS.

TITLE: Hydraulic and social characterization of the conveyance efficiency in “La Viña” branch secondary canal of the Tumbaco Irrigation System

Author: Carmen Alexandra Inca Campos

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

ABSTRACT

Water is an important natural resource and its usage has to be optimized in all agricultural activities. The objectives of the research were oriented to determine the conveyance efficiency in “La Viña” branch secondary canal of the Tumbaco Irrigation System, the conveyance efficiency in the tertiary canal, the distribution efficiency in the tertiary unit, sub irrigation or over irrigation as well as social aspects through interviews. Results: i) the average conveyance efficiency was about 86.48%; ii) the average conveyance efficiency in the tertiary canal was 67.99%; iii) the distribution efficiency in the tertiary unit was 36.11%; iv) all users presented sub irrigation in the critical month (August); v) there was an inequitable distribution of irrigation water among the users. In conclusion, the conveyance efficiency in the secondary canal was high, the distribution efficiency in the tertiary unit was poor, all users presented sub irrigation and the social organization had a direct influence in the operation of the irrigation system.

KEY WORDS: CONVEYANCE EFFICIENCY, DISTRIBUTION EFFICIENCY, TERTIARY UNIT, SUB IRRIGATION, OVER IRRIGATION, CROP WATER REQUIREMENTS.

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor de trabajo de graduación cuyo título es: **“CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SOCIAL DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “LA VIÑA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO”** presentado por la Srta. CARMEN ALEXANDRA INCA CAMPOS, previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, certifico haber revidado y corregido el ABSTRACT para el trabajo de grado.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE – TUTOR

C.C. 1102697396

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento indispensable para las actividades agrícolas, sin embargo, es necesario un aprovechamiento óptimo considerando su escasez en algunas zonas del país. En la producción agrícola, la falta de humedad en el suelo afecta negativamente al cultivo y por lo tanto, a su rendimiento, si el contenido de agua en la parcela es bajo se la debe reponer mediante el riego, el mismo que debe reducir las pérdidas de agua haciendo su uso más eficiente (Demin, 2014).

En nuestro país, la mayor parte del consumo de agua se destina al riego, estimándose su uso en un 80% del consumo total (Guzmán & Narváez, 2010). En el Ecuador se estima una superficie de 942 000.0 ha bajo riego de 3'136 082.0 ha que comprenden el total de la superficie regable en todo el territorio (SENAGUA, 2016).

En el sistema de riego se distinguen cuatro elementos: los sistemas de producción, el derecho al agua, la organización de regantes y la infraestructura de riego (Tamayo, Ortiz, & Cepeda, 2017).

El sistema de riego Tumbaco es un sistema transferido¹ a los usuarios, está conformado por 2 647.0 usuarios y es administrado por la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco, JGUSIRTUM, cubre una superficie de 1 775.27 ha (Junta de Riego Tumbaco, 2015). En este sistema existen canales que parten del sector denominado Chuspiyacu, lugar donde se capta el agua proveniente del Río Pita y que continúa su distribución por medio de siete ramales: La Merced, Ilaló, Chichipata, El Pueblo, La Viña, Churoloma y San Blas (GADTumbaco, 2015).

En el ramal La Viña se pueden identificar tres tipos de usuarios: agrícola, ornamental e industrial, además el incremento del desarrollo urbanístico durante los últimos años han ocasionado que disminuyan las áreas destinadas a las actividades agrícolas.

Este estudio tiene relevancia, pues con el pasar de los años el canal de riego se ha deteriorado, afectado a la eficiencia de conducción y de distribución. La presente investigación permitirá conocer la eficiencia de distribución a nivel de parcela, así como la eficiencia de conducción en el ramal La Viña. Para el desarrollo de la investigación se requiere de la participación directa de los usuarios, los dirigentes y de la junta de regantes que forman parte del Sistema de Riego Tumbaco, con lo cuales se buscará desarrollar propuestas para mejorar el uso del agua.

¹ Transferir la responsabilidad de la operación y mantenimiento de los servicios de riego a las asociaciones de usuarios de agua.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la eficiencia de conducción y de distribución del agua de riego en sus aspectos técnicos y sociales, en el ramal LA VIÑA – Sistema de Riego Tumbaco.

Objetivos específicos

Determinar la eficiencia de conducción en tres tramos del ramal.

Determinar la eficiencia de distribución en el óvalo 7 - 19, integrando la infraestructura y la operación del sistema.

Caracterizar los aspectos sociales que influyen sobre la conducción y distribución del agua

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

El agua y el suelo son los recursos fundamentales de la agricultura, sin embargo, el crecimiento rápido de la población y el uso de prácticas inadecuadas ha permitido que estos recursos se vuelvan más escasos, por lo tanto, existe la necesidad de manejarlos de una manera que permita su explotación racional.

La agricultura se ha convertido en una actividad fundamental que contribuye a impulsar la economía de los países, garantiza el alimento de sus habitantes, proporciona materia prima, etc. (Mahecha, 2012). La actividad agrícola depende de la disponibilidad de humedad en el suelo, por lo tanto, si su contenido es bajo se debe reponer mediante el riego.

En zonas donde no hay lluvias o estas son escasas, la implementación de un sistema de riego se vuelve indispensable, sin embargo, para que la agricultura sea rentable y sostenible no solamente es necesario contar con una infraestructura de riego eficiente, también se debe entrenar al personal encargado de manejar el sistema y a los productores para mejorar el acceso y la eficiencia en el uso del recurso hídrico (IICA, 2017).

La disponibilidad de agua es uno de los principales problemas que enfrenta el riego en el país, debido principalmente a las condiciones naturales y geográficas, particularmente de la Sierra, a presiones sociales sobre los recursos naturales y sobre estimación de los caudales disponibles al momento de realizar el diseño de los sistemas de riego. El bajo nivel de tecnificación que se manifiesta en una baja eficiencia, comienza desde la construcción del sistema de riego, operación y mantenimiento, factores que generan una aplicación inadecuada del agua dentro de la unidad de producción agropecuaria (UPA), evitando de esta manera aprovechar de forma óptima el agua y el suelo (Zapatta & Gasselin, 2005).

2.2 Sistema de riego

El sistema de riego es una construcción social, que comprende una infraestructura física que permite el manejo y distribución del recurso hídrico para desarrollar la actividad agrícola, además, cumple funciones importantes relacionadas en el ámbito social, económico y ambiental de una región (Ochoa, 2017).

Cruz & Bielsa (2001), señalan que el proceso operacional del riego comprende tres niveles: el almacenamiento y transporte (embalse y canal principal), la distribución (comunidad de regantes) y la aplicación en la parcela (regante o agricultor). Permite el manejo y distribución del recurso hídrico de manera eficiente en un área determinada para promover el desarrollo de cultivos, maximizar la producción con la cantidad de agua disponible y reducir las pérdidas por percolación profunda (Mirassou, 2009).

Los sistemas de riego están estrechamente vinculados con el aspecto social (comunitario) y lo técnico (infraestructura) y diferentes medios en torno a la apropiación de un recurso natural que es el agua. La organización del sistema de riego hace referencia al aspecto agrario y sistemas de riego que involucran organizaciones de regantes para el manejo y uso del agua (Pérez, 2017).

2.2.1 Marco Legal e Institucional

En el marco legal e institucional, la Secretaría Nacional de Agua (SENAGUA) es la institución encargada de ejercer la rectoría del riego y drenaje, además de formular, ejecutar y evaluar políticas públicas para la gestión integral de los recursos hídricos. Desde el año 2013, SENAGUA es la institución encargada de planificar la gestión del agua, autorizar el uso y el cálculo de tarifas, así como también de la ejecución de megaproyectos (SENAGUA, 2018).

La estructura de la SENAGUA fue modificada por decreto No. 310 en el año 2014 creándose la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) y la Empresa Pública del Agua (EPA) (Zambrano, 2014).

El ARCA es la institución encargada del cumplimiento de la gestión técnica del agua, certificación de la disponibilidad del agua, regulación y control de la aplicación de tarifas de aprovechamiento y uso productivo del agua. La EPA tiene la función de contratar, administrar y supervisar los proyectos de implementación de estructura hídrica con competencia del gobierno central (Moreno, 2018).

2.2.2 Sistema de Riego Tumbaco

El sistema de riego Tumbaco está conformado por siete ramales: Alangasí - La Merced, Ilaló, San Blas, El Pueblo, Churoloma, Chichipata y La Viña.

El Canal de Riego Tumbaco es la principal infraestructura con la que cuenta la parroquia para la actividad agrícola, el mismo que es administrado por la Junta de Riego (Junta de Riego Tumbaco, 2015).

El canal principal de riego tiene una extensión de aproximadamente 20 km desde la bocatoma del río Pita hasta las divisiones de los ramales. El sistema de riego Tumbaco es alimentado por: el río Pita con un caudal de $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y el río Guangal con un caudal de $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Junta de Riego Tumbaco, 2015).

La construcción de este sistema de riego se inició inmediatamente luego de la creación de la Caja Nacional de Riego que financió el proyecto, en 1947 estaba construido el canal principal aunque todavía sin revestimiento (GAD Pichincha, 2014).

A finales de los años 1960 e inicio de los 1970, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INERHI) realizó esfuerzos para complementar la infraestructura del sistema de riego, llegándose a regar alrededor de 1 500.0 ha en el año de 1972. La producción principal que

abastecía este sistema de riego eran los frutales (cítricos y aguacates), así como cultivos de ciclo corto (fréjol, maíz, hortalizas, alfalfa, entre otros) (Calderón, 2014).

El sistema se ha mantenido operativo desde aquellos años hasta la actualidad; Lizano (2005), afirma que en los últimos 30 años ciertas zonas han experimentado un proceso de urbanización y lotización especialmente, pasando una superficie considerable de producción agropecuaria a tierras de uso urbano, como resultado de dinámicas vinculadas a la expansión del capital inmobiliario.

El proceso descontrolado de expansión urbana, con cambios no planificados del uso de suelo, de fraccionamiento indiscriminado de la tierra, con efectos directos en la tenencia del suelo y en la transferencia de dominio, han llevado a una desactualización progresiva de la información y específicamente de los registros que mantiene la Junta y lo que es grave al desconocimiento de la situación de los usuarios del riego (Calderón, 2014).

2.2.3 Junta de Regantes

La Junta General de Usuario del Sistema de Riego Tumbaco (JGUSIRTUM), con sus 7 ramales: El Pueblo, La Viña, Churoloma, La Merced, San Blas e Ilaló, cuenta con personalidad jurídica desde el 4 de junio del 2001, constituye la organización mayor y representa a todos los usuarios del Sistema de Riego Tumbaco. Sus directivas son elegidas democráticamente², de acuerdo con los estatutos y reglamentos aprobados por CORSINOR y el MAGAP (CORSINOR, 2001).

La JGUSIRTUM debe ejercer la gestión social de riego y el mantenimiento preventivo del canal, la gestión integral de los sistemas de riego fue transferido a los gobiernos autónomos descentralizados, quienes participan en la formulación de la política pública (Tamayo, 2012).

La estructura de la Junta de Riego Tumbaco está conformada de la siguiente manera:

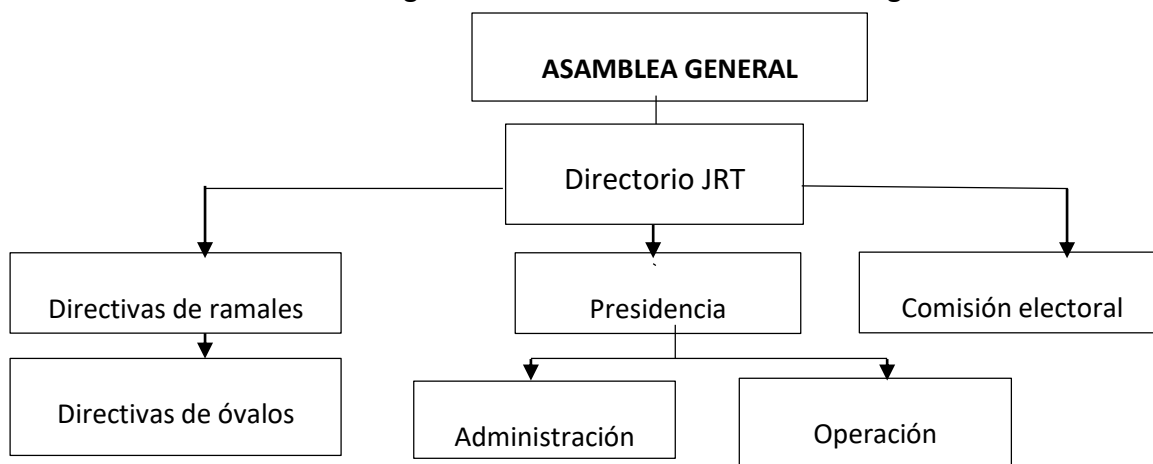


Figura 1. Estructura de la JRT (Junta de Riego Tumbaco, 2017)

² La elección de las directivas de los 7 ramales se realiza en el mes de enero.

El directorio está conformado por: presidente, vicepresidente, secretario, tesorero y tres vocales elegidos por los representantes de los directorios de cada ramal, la reunión de las directivas de los siete ramales forman la asamblea general (Junta de Riego Tumbaco, 2017).

2.2.4 Turno de agua

El turno de agua o turno de riego es un reparto organizado del agua entre los regantes de una comunidad, en el que se requieren definir dos tiempos: la duración y la frecuencia del turno. En definitiva, la definición del sistema de turnos comprende factores técnicos, económicos, agronómicos y de tipo social (Sánchez, 2013).

2.2.5 Derechos de agua

Los derechos de agua constituyen derechos individuales o colectivos, que tiene una relación de acceso y uso entre usuario y el agua, es una relación social y una expresión de poder entre los usuarios que estas relaciones determinan las propiedades de la distribución, el contenido y la legitimidad de los derechos de agua (García & Soares, 2015).

Los derechos de agua han permitido que el usuario pueda utilizar y retirar una parte del flujo de agua de la infraestructura de conducción, lo incluye en la operación del sistema con el fin de recoger el agua de la toma u óvalo para conducirla a la parcela (Duarte, 2010).

2.2.5.1 Tipos de derecho de agua

Derecho de Referencia

Pueden ser derivados de concepciones amplias de justicia y equidad o estar basados en regulaciones nacionales. Especifica los tipos de poderes a los que el poseedor está autorizado, en términos de decisiones operacionales, colectivas y constitucionales. Además define las características de los poseedores que incluyen las reglas operacionales sobre su participación (Bustamante, 2006).

Derechos Activados

Se refieren al proceso de transformar los derechos de referencia en reglas operacionales y procedimientos para la distribución del agua (calendario de turnos, participación en procesos de toma de decisión, etc.), incluyendo reglas operacionales sobre la participación (Bustamante, 2006).

Derechos Materializados

Estos derechos se refieren a las prácticas existentes de uso y distribución del agua, se expresa a través del uso del agua y las prácticas de distribución, las decisiones informales que se desarrollan en campo. Los derechos materializados frecuentemente no están escritos, ni son muy explícitos pero están autorizados por la rutina o acuerdos informales (Bustamante, 2006).

2.3 Eficiencia de riego

La eficiencia de riego se define como el porcentaje del agua total que es suministrada a un cultivo y que sirve efectivamente para satisfacer sus necesidades hídricas (Irmak *et al.*, 2011).

La eficiencia de riego es un concepto utilizado para evaluar el manejo del agua en el sistema de riego, pues relaciona la cantidad de agua entregada con la cantidad de agua aprovechada por los cultivos. Un sistema que entrega agua en exceso no conserva el recurso, inunda las tierras agrícolas y causa problemas de salinidad (MINAGRI, 2015). Está compuesta por la eficiencia de conducción en el canal principal, eficiencia de distribución en los canales laterales y la eficiencia de aplicación a nivel de parcela, el producto de estas tres eficiencias determina la eficiencia de riego de un sistema (MINAGRI-DGIAR, 2015).

2.3.1 Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción (E_{fc}) es un concepto que se utiliza para evaluar las pérdidas de agua en un sistema de riego (Carranza, 2017). Está dada por la relación entre la cantidad de agua que entra al canal y la cantidad de agua que sale del canal, permite evaluar el estado de operación y mantenimiento del canal principal desde la fuente de abastecimiento hasta que se empieza a distribuir el agua en los canales laterales. El porcentaje de eficiencia es mayor cuando no presenta roturas, pérdidas por infiltraciones, mucho espejo de agua expuesto a la evaporación, además cuando no se producen hurtos o sustracción de agua en el recorrido, como en el caso de usuarios informales (PSI, 2004).

La eficiencia de conducción se determina por el tipo de canal; por lo tanto en canales sin revestimiento con suelos arenosos se pierde más agua, que en canales ubicados en suelos arcillosos pesados; en canales revestidos con ladrillos u hormigón se pierde muy poca agua ya que se reduce la infiltración, otro factor importante es el mantenimiento del canal, un canal con mal mantenimiento puede reducir su eficiencia hasta en un 50% (FAO, 1989).

Cuadro 1. Valores referenciales de E_{fc} (%) para canales de riego

Longitud canal (m)	Canal de tierra			Canal revestido (%)
	arena	pedregoso	arcilla	
Largo (> 2000 m)	60	70	80	95
Medio (200 – 2000 m)	70	75	85	95
Corto (< 200m)	80	85	90	95

Fuente: : (Brouwer, Prins, & Heibloem, 1989).

2.3.2 Eficiencia de distribución (Efd)

Se obtiene en toda la red de canales, acequias, cauces que sirvan para distribuir el agua hacia las parcelas, fincas o predios de los usuarios. Es mayor mientras mejor sea el estado de los canales y estructuras de distribución. Está definido por la relación entre el caudal del agua entregada en la cabecera de un canal lateral y la sumatoria de los caudales o volúmenes distribuidos en las parcelas, predios o usuarios (PSI, 2004).

Cuadro 2. Eficiencia de distribución en canales

Tipo de canal	Parcela < 20 ha	Parcela > 20 ha
Revestido o tubería	70 – 90 %	90 – 95%
Sin revestir	60 – 75%	80%

Fuente: (FAO, 1989)

2.3.2.1 Uniformidad de distribución del agua

Se relaciona con el grado de uniformidad en la aplicación del agua sobre el área irrigada, durante el riego y dependiendo del método utilizado, se obtiene una buena o mala distribución del agua en el área regada, lo que significa que durante el riego no toda el área recibe la misma cantidad de agua (FAO, 2012).

2.3.2.1.1 Coeficiente de uniformidad de Christiansen

Con el fin de determinar el grado de uniformidad en la aplicación de agua de riego, Christiansen, propuso una ecuación denominada Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) (Salas & Pérez, 2007).

Se expresa de la siguiente manera:

$$CUC = \left(\frac{P_{25\%}}{P} \right) \times 100$$

Donde:

P25% = Promedio de las mediciones más bajas

P= Promedio en toda la unidad de riego

Cuadro 3. Calificación del sistema de riego en función del CUC

Coeficiente de uniformidad	Calificación
Mayor de 95 %	Excelente
85 – 95 %	Buena
80 – 85%	Aceptable
70 – 80%	Pobre
Menor 70%	Inaceptable

Fuente: (Salas & Pérez, 2007)

2.4 Medición de caudales

El caudal, es la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo (Martín & Salcedo, 2011).

La medición de caudales surge como una alternativa que permite monitorear los afluentes, en lo que se relaciona a la cantidad de agua que circula en puntos seleccionados, ayudando de esta manera a la planificación de siembras, así como también al pronóstico de inundaciones o sequías (González & Ramírez, 2014).

El caudal en un tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección depende de las condiciones de cada sitio, en este estudio se utilizarán dos métodos para la medición de caudales.

2.4.1 Vertedero rectangular de cresta delgada sin contracciones

El vertedero es una estructura que presenta una escotadura de forma regular, a través de la cual fluye una corriente líquida. La arista o superficie más elevada del vertedero, que está en contacto con el agua, se llama cresta. La altura de la lámina de fluido sobre la cresta, responsable de la descarga, se llama cabeza o carga del vertedero. El flujo a través del vertedero tiene su motor en la fuerza de gravedad y el uso frecuente de los vertederos de pared delgada, se debe a que son estructuras de construcción sencilla y principalmente, por la facilidad de determinar, con bastante aproximación, el caudal del flujo en un canal, a partir de la carga del vertedero (Marbello, 2005).

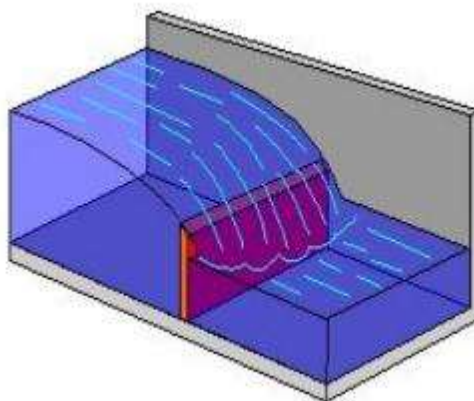


Figura 2. Vertedero rectangular sin contracciones

Fuente: Prudencio (2016)

2.4.2 Medidor Parshall

Técnicamente se describe como una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección en los canales abiertos (Pedroza, 2001). Este medidor cuenta con características que permiten determinar el caudal con mayor precisión, pues su estructura está compuesta por una pendiente hacia abajo invertida de la garganta, que facilita la operación de rangos más altos aguas abajo a aguas arriba, a diferencia de cualquier otro dispositivo (Lux, 2010).

2.4.2.1 Partes del medidor de Parshall

Consta de cuatro partes principales (Fierro, 2018).

- a) **Transición de entrada**, conformada por paredes verticales y paralelas que se asientan sobre la base del canal con una pendiente ascendente.
- b) **Sección de convergencia**, formada por paredes verticales y paralelas con fondo horizontal que van estrechándose en forma recta o circular.
- c) **Garganta**, formada por paredes verticales y paralelas que se asientan sobre la base del canal con una pendiente descendente.
- d) **Sección divergente**, corresponde a la zona de salida formada por paredes verticales y paralelas que se ensanchan en forma recta o circular con una pendiente ligeramente ascendente.



Figura 3. Medidor Parshall

Fuente: Siegrist (2016)

2.4.2.2 Caudales en función al ancho de la garganta del canal de Parshall

El ancho de la garganta en el canal de Parshall, determina los intervalos mínimo y máximo de caudal en l s^{-1} (Pedroza, 2001).

Cuadro 4. Rangos de caudales de operación en canales

Ancho de garganta		Caudal Q (l s^{-1})
cm	Mínimo	Máximo
7.6	0.85	53.8
15.2	1.52	110.4
22.9	2.55	251.9
30.5	3.11	455.6
45.7	4.25	696.2
61.0	11.89	936.7
91.5	17.26	1426.3
122.0	36.79	1921.5
152.5	62.89	2422.0

Fuente: Pedroza (2001).

2.5 Balance Hídrico

El balance hídrico corresponde al equilibrio del contenido hídrico de una planta, permitiendo integrar las variables de transpiración y absorción para determinar las necesidades de riego en un periodo determinado con el fin de planificar, diseñar u operar la disponibilidad del recurso hídrico en una zona determinada (Cleves, Toro, & Martínez, 2016).

El conocimiento de los datos del balance hídrico permite comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo y establecer el grado de influencia en los cambios del régimen natural, además permite detectar las deficiencias en la distribución de estaciones de observación y descubre errores sistemáticos de medición, finalmente permite una evaluación indirecta de cualquier componente desconocido dentro de él, por diferencia entre los componentes conocidos (UNESCO, 1981).

El balance hídrico comprende un modelo basado en las entradas y salidas para la conservación del agua; se considera como entradas: a la precipitación, importaciones superficiales de otra cuenca y retornos de la demanda y como salidas a la evapotranspiración real, evapotranspiración de cuerpo libre de agua, escurrimiento superficial, demanda interna en la cuenca y demanda externa de la cuenca (Servicio Hidrológico Nacional, 2005).

2.5.1 Precipitación

La precipitación constituye el mayor aporte hídrico al suelo, del agua que se precipita sobre la superficie del terreno, una parte es captada por la vegetación, otra parte se percola debajo de las raíces del cultivo, un porcentaje se infiltra y otra se escurre sobre la superficie del terreno. El agua almacenada en la zona radicular y que será utilizada en la evapotranspiración del sistema planta – suelo, se denomina precipitación efectiva. La precipitación efectiva es la lluvia útil, es decir es parte de la precipitación total que satisface las necesidades hídricas de los cultivos (Cleves *et al.*, 2016).

La precipitación es un factor clave y la determinación de su cantidad y frecuencia ayudan a conocer la limitante en el abastecimiento de caudales en sistemas de riego (Foro Peruano para el Agua, 2011).

2.5.2 Evapotranspiración de Referencia

La evapotranspiración engloba la pérdida de agua de los cultivos por transpiración y del suelo por evaporación, se utiliza para la elaboración de calendarios de riego³ que permitan optimizar el uso

³ Hace referencia a la programación, en el que se precisa el día y el tiempo que el usuario recibe el agua de riego.

del recurso hídrico en la agricultura (Santiago *et al.*, 2012).

La evapotranspiración engloba la pérdida de agua de los cultivos por transpiración y del suelo por evaporación, se utiliza para la elaboración de calendarios de riego⁴ que permitan optimizar el uso del recurso hídrico en la agricultura (Santiago *et al.*, 2012).

La evapotranspiración de referencia (ET_o) corresponde a la evaporación de agua localizada en el suelo y la transpiración de agua de las plantas. La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua (Cleves *et al.*, 2016). La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto en condiciones fitosanitarias y nutricionales óptimas. Los parámetros climáticos son los únicos factores que afectan la ET_o, expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo (FAO, 2006).

2.5.3 Coeficiente de cultivo

La combinación de los efectos de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo se integran en un coeficiente único del cultivo (K_c), que incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación del suelo. Por lo tanto, el K_c permite calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo en particular a partir de la evapotranspiración de referencia (Comisión Nacional de Riego, 2016).

Entre los valores que afectan los valores de K_c están: diferencias morfológicas de las plantas, fisiología vegetal, el sistema de riego que afecta la distribución de la humedad del suelo, la frecuencia del riego y las precipitaciones (Cleves *et al.*, 2016).

Allen *et al.* (2006), ha definido el K_c en las siguientes etapas de crecimiento del cultivo:

- **Etapla inicial:** comprende desde el período de siembra hasta que el cultivo alcanza el 10% aproximadamente de cobertura del suelo, durante esta etapa el valor de K_c es alto cuando el suelo se encuentra húmedo y es bajo cuando la superficie del suelo está seca.
- **Etapla de desarrollo:** comprende desde que el cultivo cubre un 10% del suelo hasta alcanzar la cobertura óptima, que generalmente ocurre al inicio de la floración, a medida que el cultivo se desarrolla y sombrea cada vez más el suelo, la evaporación será más restringida y la transpiración se convertirá en el proceso más importante. Valores de K_c = 0.5 corresponderán a una cobertura del 25 – 40% del suelo y valores de K_c = 0.7 a una cobertura del suelo de 40 y 60%.

⁴ Hace referencia a la programación, en el que se precisa el día y el tiempo que el usuario recibe el agua de riego.

- **Etapas de mediados de temporada:** comprende desde la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez, el coeficiente de Kc alcanza su máximo valor y es relativamente constante para la mayoría de los cultivos.
- **Etapas de finales de temporada:** comprende entre el comienzo de la madurez hasta la cosecha o completa senescencia, el valor de Kc en esta etapa refleja el efecto de las prácticas de cultivo y el manejo del agua, por lo tanto, si el cultivo era regado frecuentemente el valor de Kc será alto y será bajo si se permitía el secado del cultivo.

2.5.4 Métodos de riego

Para un adecuado rendimiento en la producción agrícola, el contenido de agua en el suelo es indispensable, la falta de humedad debe ser compensada con el riego. Por lo tanto, con el riego se trata de completar las necesidades de agua requeridas por los cultivos. Existen diferentes tipos de riego y cada uno presenta diferencias en la eficiencia de aplicación, que es considerada como la cantidad de agua disponible para el cultivo que permanece en el suelo luego del riego, en relación al total de agua aplicada (Demin, 2014).

2.5.4.1 Riego superficial o gravedad

Este método de riego puede aplicarse en todo tipo de cultivo, con distintos sistemas y densidad de siembra, es aconsejable utilizar en terrenos con poca pendiente. El agua va a fluir debido a la fuerza de gravedad, sin embargo, el caudal disminuye a medida que el agua avanza por la parcela regada debido a su infiltración en el suelo. Las pérdidas de agua se producen por escurrimiento superficial y percolación profunda. Este sistema ofrece la ventaja de su costo económico de instalación y conservación (Fuentes & García, 1999).

Según Fernández *et al.* (2010), los tipos de riego por superficie son:

Por tablares: el terreno se divide en tablares o compartimentos cerrados de forma rectangular y dentro de ellos el agua queda estancada y se va infiltrando en el suelo. Es ideal que el terreno esté completamente nivelado, este tipo de riego es utilizado para cultivos que toleran el encharcamiento como el arroz, algodón, etc.

- **Por fajas:** el terreno se divide en franjas rectangulares estrechas, el agua fluye a lo largo de las fajas formando una lámina delgada que va infiltrándose poco a poco. Es utilizado para regar cultivos extensivos como alfalfa, pastos, cereales, etc.
- **Por surcos:** el agua se distribuye por surcos paralelos que deben tener la misma pendiente en toda su longitud para evitar zonas con falta de agua y encharcamiento.

2.5.4.2 Riego presurizado

En este método de riego el agua es conducida por tuberías, requiere un diseño hidráulico, con este sistema de riego se evitan las pérdidas por infiltración en la conducción y distribución (Demin, 2014).

- Aspersión: es una técnica de riego que permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta, puede instalarse en cualquier tipo de topografía y para garantizarse la eficiencia se debe considerar el caudal de las boquillas, diámetro de alcance, la presión nominal de trabajo y la precipitación (Fuentes & García, 1999).
- Goteo: es un método de riego localizado, que permite aplicar el agua en forma de gotas y de manera continua logrando humedecer la parte del suelo que corresponde a la zona radicular de la planta. Va orientado a satisfacer las necesidades de la planta, por lo tanto, el aporte de los fertilizantes necesarios, en las condiciones óptimas para ser extraídos por la planta y en un nivel prácticamente constante, sin fluctuaciones que puedan afectar la producción final del cultivo, siendo considerando uno de los métodos más eficientes en la actualidad (Fuentes & García, 1999).

2.5.5 Necesidad hídrica diaria

La escasez generalizada de agua para la agricultura ha permitido generar estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de su uso, una de ellas es conocer las necesidades hídricas de los cultivos, es decir la cantidad de agua que debe tener el suelo para que la planta pueda satisfacer sus procesos fisiológicos y de esta manera alcanzar un desarrollo óptimo (Romero *et al.*, 2009).

Con el riego se debe aplicar la cantidad justa para cubrir el consumo de agua del cultivo o ETc, un exceso de agua de riego supone el lavado de fertilizantes lo que puede acarrear problemas medioambientales por la contaminación de las aguas subterráneas, además es común la aparición de problemas de encharcamiento y asfixia radicular. Una aportación de agua inferior a la ETc puede provocar déficit hídrico y por lo tanto una reducción de la producción (Romero *et al.*, 2009).

Las necesidades hídricas se miden en mm/día y depende básicamente en el tiempo de diversos factores tales como: el clima (condiciones meteorológicas), características del suelo (propiedades físicas) y el propio cultivo (especie, genotipos y estados fenológicos) (SENAGUA, 2012).

2.6 Agronomía del riego

2.6.1 Frecuencia de riego

La frecuencia de riego se refiere al período de tiempo entre un riego y el siguiente, este tiempo es el resultado de un balance entre la oferta de agua disponible en el suelo y el consumo realizado por el cultivo, en función de su crecimiento (Medina *et al.*, 2006).

Para determinar cuándo aplicar agua al cultivo es importante relacionarlo con el tiempo de riego o con el número de horas que el agua debe estar sobre el suelo para que infiltre y moje la zona de las raíces de las plantas (Miranda, 1982).

2.6.1.1 Factores que determinan la frecuencia de riego

Hernández (2019), afirma que los factores que determinan la frecuencia de riego son:

El suelo o sustrato.- La frecuencia de riego varía dependiendo del tipo de suelo, un suelo arcilloso puede ser regado con menor frecuencia que un suelo arenoso, debido a su mayor retención de agua, sin embargo el riego no debe excederse porque estos suelos tienen baja capacidad de infiltración y se puede producir escorrentía.

Volumen del suelo, tamaño del contenedor del sustrato.- Los cultivos que se desarrollan en un volumen de sustrato elevado, la frecuencia de riego debe ser mayor, cultivos que desarrollan raíces profundas pueden ser regadas con una frecuencia baja, por otro lado el cultivo de hortalizas cuyas raíces son poco profundas deben ser regadas frecuentemente.

El estado del tiempo.- La demanda de agua está relacionada con las condiciones climáticas, en un día soleado se requerirá una frecuencia de riego mayor, que en un día nublado, donde la frecuencia es menor.

Diseño del sistema de riego.- Permitirá suministrar agua al cultivo mejorando las eficiencias en conducción y de aplicación.

2.6.2 Volumen diario de aplicación del agua

El volumen diario de aplicación se refiere a la cantidad de agua que se debe aplicar al cultivo, para ello es necesario estimar la evapotranspiración del cultivo. La demanda de agua depende del estado de desarrollo de la planta, de las condiciones climáticas, características del suelo y de la disponibilidad del agua (Ministerio de Agricultura, 2000).

2.6.3 Volumen a nivel parcela

A nivel de parcela, el volumen dependerá básicamente de las pérdidas por infiltración en el sistema de conducción, al régimen de funcionamiento, el tipo de riego y la disposición de la zona radicular de la planta. El volumen considera el volumen de agua almacenada en la profundidad radicular y el volumen de agua derivada a la parcela, tomando en cuenta si el tipo de suelo es liviano, medio o pesado (García, 2008).

2.6.4 Tiempo de riego

El tiempo de riego en la parcela puede ser largo o reducido y es necesario porque permite reponer el agua consumida y las pérdidas, en el período comprendido entre dos riegos, depende del método de riego utilizado (Maldonado & Uribe, s.f.).

La modalidad de distribución se basa en turnos de riego que tienen un tiempo determinado, en cada turno el agua se entrega de acuerdo a las necesidades hídricas de cada cultivo o cultivos presentes en cada predio. La duración de cada turno es más efectivo cuando el tiempo de riego se calcula en función del área sembrada, tipo y edad del cultivo a regar. El tiempo designado para cada usuario puede ser por minutos, horas y días (INRENA, 2005).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación

Provincia: Pichincha
Cantón: Quito
Parroquia: Tumbaco
Ramal: La Viña
Altitud: 2465 msnm
Latitud: 0°12'30" Sur

El estudio se realizó en el ramal La Viña del sistema de riego Tumbaco, cuya longitud es de 4.36 km, el cual cuenta con 246 usuarios, una superficie regable de 88.38 ha distribuidas en 19 óvalos.

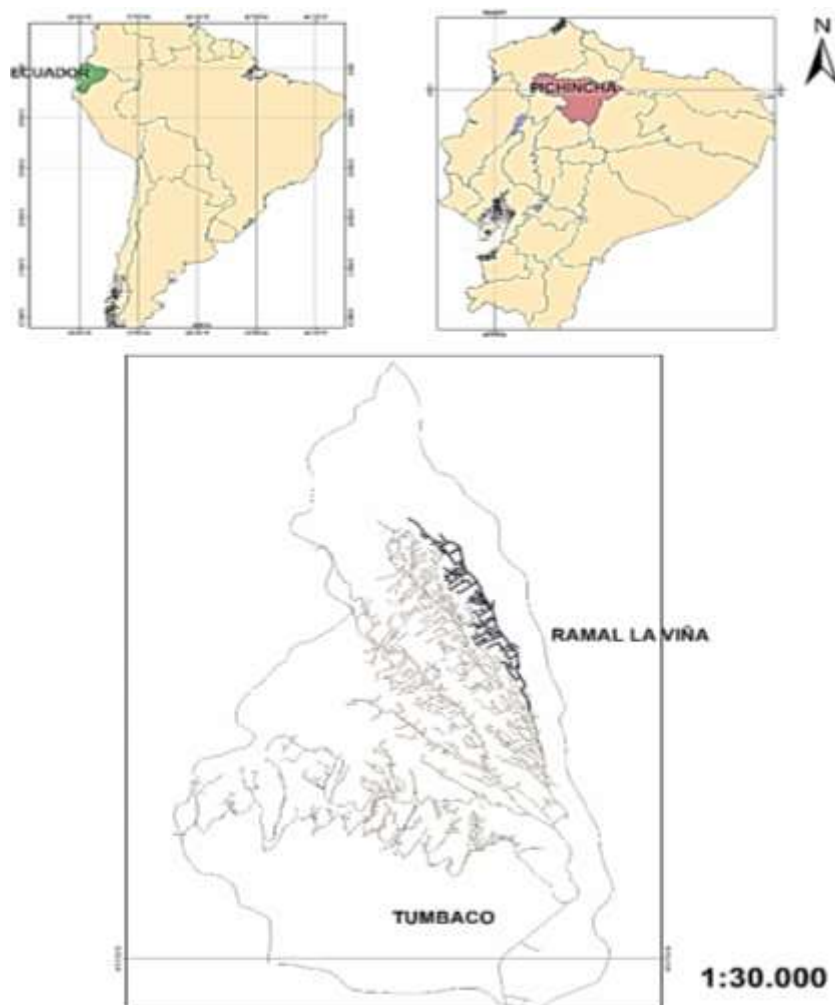


Figura 4. Ubicación del sitio experimental

3.1.1 Características climáticas

El ramal La Viña debido a su localización en la parroquia de Tumbaco presenta las siguientes características agroclimáticas promedio registradas en el año 2018.

Cuadro 5. Características agroclimáticas de Tumbaco-Pichincha

Variable	Datos
Temperatura media anual	16.4 °C
Precipitación anual	952 mm
Humedad relativa	74.8 %
Luminosidad	5.75 horas

Fuente: Climate – Data (2018)

3.2 Materiales

3.2.1 Insumos

- Cartografía básica de Tumbaco en formato shapefile⁵, con sistema de referencia WGS 1984⁶ UTM Zona 17 S⁷.
- Cartografía digital formato shapefile del canal primario y canales secundarios del sistema de riego Tumbaco (coordenadas UTM).
- Cartografía analógica de los predios y zonas de influencia de los ramales del sistema de riego, sin fecha conocida (escala 1:50000, sistema de referencia WGS 1984 UTM Zona 17 S).
- Padrón de usuarios de Junta de regantes de Tumbaco.
- Turnos de riego determinados por la Junta de regantes de Tumbaco.

3.2.2 Equipos

- Medidor Parshall
- Vertedero rectangular de cresta delgada
- Cronómetro
- Equipo GPS

⁵ Almacena la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geométricas (puntos, líneas o polígonos) (ESRI, 2016)

⁶ Sistema geodésico de coordenadas geográficas utilizado mundialmente, que permite localizar cualquier punto de la Tierra por medio de tres unidades de datos (Eyndt, 2018)

⁷ Proyección del lugar de estudio según el sistema de coordenadas.

- Cámara fotográfica
- Ordenador e impresora

3.2.3 Programas informáticos

- Software ArcGis 10.5
- Microsoft office

3.2.4 Materiales de oficina

- Libreta
- Tablero plástico
- Esferos y lápices

3.3 Metodología

El desarrollo de ésta investigación se desarrolló en tres fases como se indica en las Figuras 5 y 6.

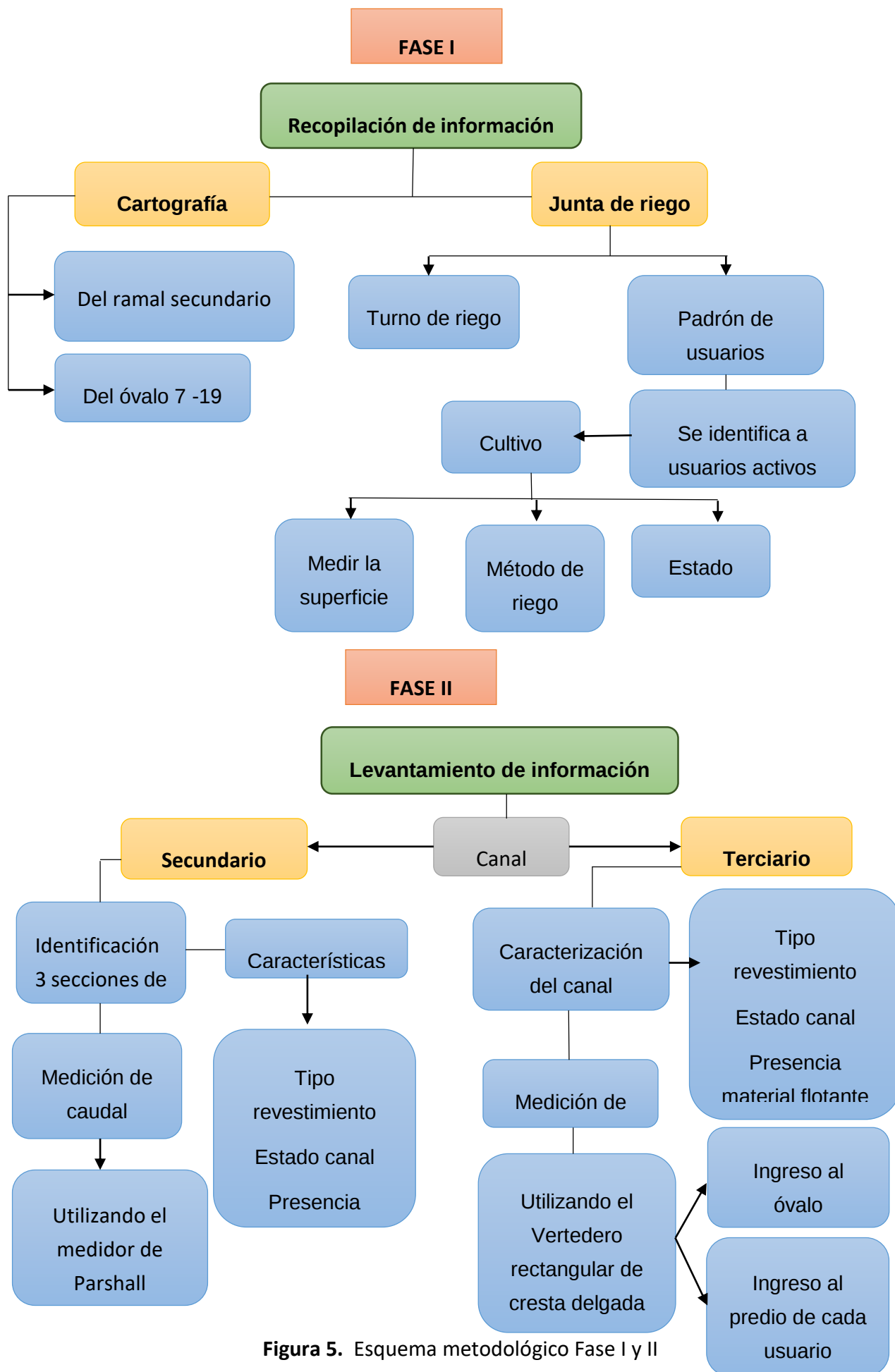


Figura 5. Esquema metodológico Fase I y II

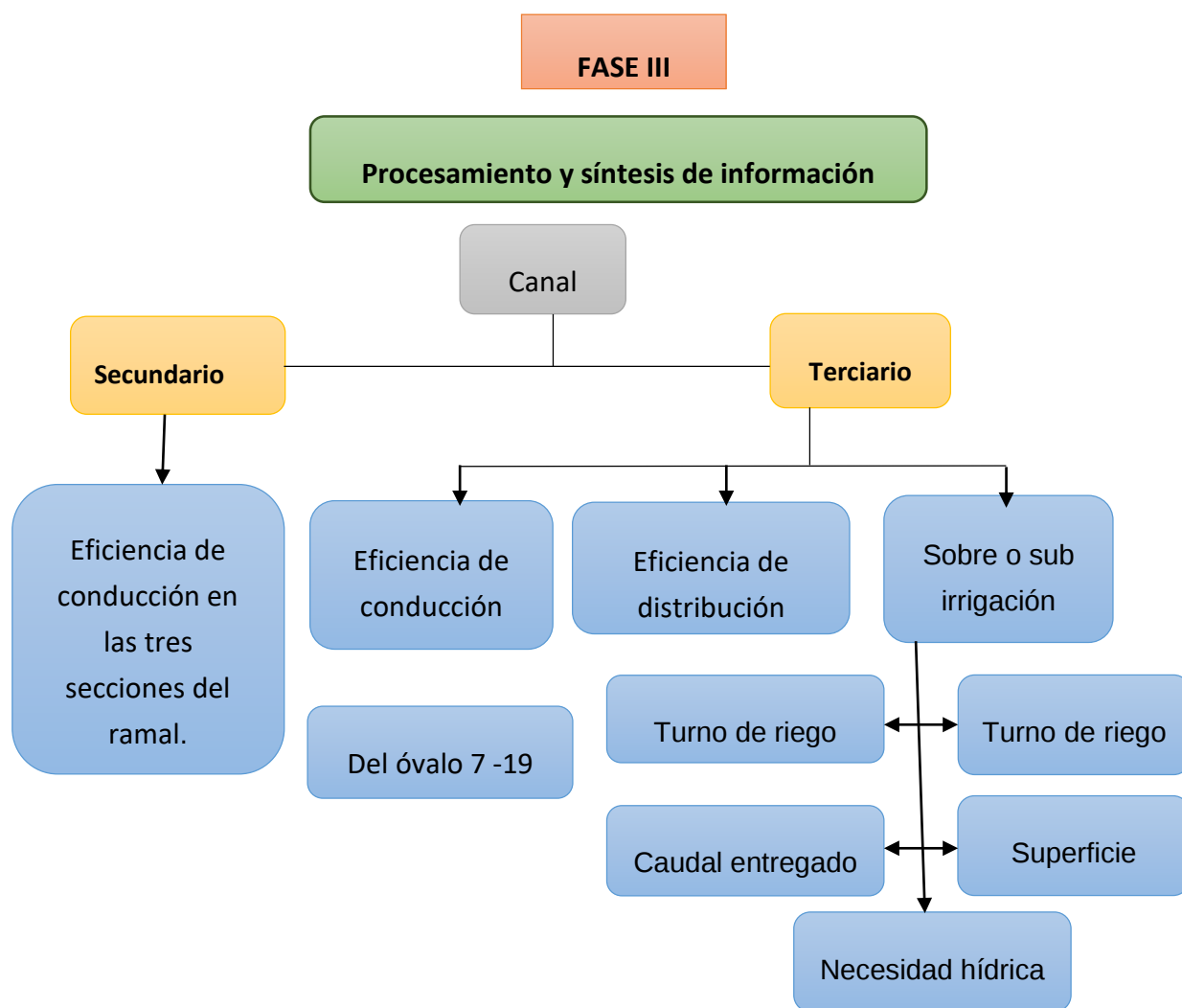


Figura 6. Esquema metodológico Fase III

3.3.1 Eficiencia de conducción del ramal

Para el cumplimiento del primer objetivo se realizaron las siguientes actividades:

Identificación de los puntos de monitoreo

El caudal de riego se midió en tres tramos: al inicio, a la mitad y al final del ramal secundario, en los tramos elegidos no debe existir derivación ni ingreso de agua.

Levantamiento de información

Se identificó en los tramos seleccionados del ramal la siguiente información:

Tipo de revestimiento del canal

- Estado del canal
- Presencia de material flotante y obras civiles.

➤ Medición de caudales

Se realizó la medición de caudales en tres tramos del ramal secundario utilizando el medidor Parshall.



Figura 7. Croquis con los puntos de monitoreo.

3.3.1.1 Medidor Parshall

Se utilizó un medidor Parshall de 9", según la junta de regantes, el caudal que atraviesa el canal varía en el rango de 3 y 251 l s⁻¹, por lo tanto, ésta estructura proporcionó una medición del caudal con mayor precisión. Se aplicó la siguiente fórmula para determinar el caudal (USDA, 1965):

$$Q = 0.013762 Ha^{1.53}$$

Donde:

Q: Caudal del canal (l s⁻¹)

Ha: Carga hidráulica (m)

Las mediciones del caudal en los diferentes puntos se utilizaron para determinar la eficiencia de conducción y de distribución.

3.3.1.2 Eficiencia de conducción en el canal secundario

La eficiencia de conducción se determinó en función de los caudales medidos en cada sección (Ortiz, 2017).

$$\begin{aligned} Efc1 &= \frac{Q2}{Q4} * 100 \\ Efc2 &= \frac{Q4}{Q8} * 100 \\ Efc3 &= \frac{Q8}{Q5} * 100 \end{aligned}$$

Donde:

Efc: Eficiencia de conducción (%)

Q: Caudal del tramo del canal (l s⁻¹)

Con los resultados de las eficiencias de conducción obtenidas en las tres secciones del ramal secundario se realizó la interpretación según la Cuadro 6.

Cuadro 6. Interpretación de la eficiencia de conducción

Efc (%)	Categoría
> 80	Excelente
50 - 70	Buena
30 - 50	Mala
<30	Pobre

Fuente: Villavicencio & Villablanca (2010)

3.3.2 Eficiencia de conducción y distribución en el óvalo

Para cumplir con el segundo objetivo de la investigación se realizaron las siguientes actividades:

➤ **Levantamiento de información**

- Se realizó un recorrido identificando las acometidas del óvalo 7 – 19.
- Se identificó el tipo de revestimiento del canal terciario.
- Se determinaron las áreas irrigables de cada predio.

➤ **Identificación de los puntos de monitoreo**

Los puntos identificados donde se midió el caudal fueron:

- A la entrada del óvalo 7 - 19
- A la entrada de cada usuario del óvalo 7 – 19

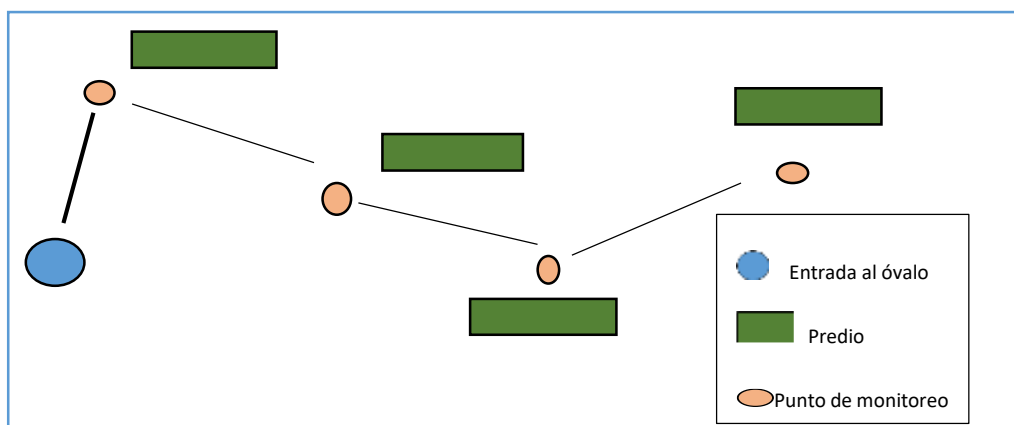


Figura 8. Croquis de los puntos de monitoreo.

➤ Medición de caudales

Para medir el caudal al ingreso de cada usuario se utilizó el vertedero rectangular de cresta delgada y se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q = 1.84 LH^{3/2}$$

Donde:

L: Longitud de la cresta del vertedero (m)

H: Carga hidráulica (m)

3.3.2.1 Eficiencia de conducción del óvalo

La eficiencia de conducción en el óvalo se determinó en función de los caudales medidos (Ortiz, 2017).

$$Efc = \frac{Q1}{Q0} * 100, \frac{Q2}{Q0} * 100, \frac{Q3}{Q0} * 100, \dots, \frac{Q12}{Q0} * 100$$

Donde:

Efc: Eficiencia de conducción (%)

Q1: Caudal que ingresa al usuario (l s⁻¹)

Qo: Caudal que ingresa al óvalo (l s⁻¹)

3.3.2.2 Eficiencia de distribución

La eficiencia de distribución del agua por operación del sistema se determinó utilizando la siguiente metodología (Ortiz, 2018):

1. Se calculó el volumen de agua entregado a cada usuario
2. Se ordenó los datos de mayor a menor
3. Se calculó el volumen entregado promedio
4. Se determinó el volumen promedio del 25% de los volúmenes más bajos
5. Se aplicó la siguiente formula:

$$Efd = \frac{V25\%}{Vpromedio} * 100$$

Donde:

Efd: Eficiencia de distribución del óvalo (%)

V25%: Volumen por hectárea promedio del 25% de los volúmenes más bajos
(m³ ha⁻¹)

V promedio: volumen por hectárea promedio (m³ ha⁻¹)

Con los datos obtenidos se procedió a su interpretación (Cuadro7).

Cuadro 7. Interpretación eficiencia de distribución

Coeficiente de uniformidad	Interpretación
> 90	Excelente
80 - 90	Buena
70 - 80	Mala
< 70	Pobre

Fuente: Salas & Pérez (2007)

3.3.2.3 Sobre o sub irrigación

Para conocer si existe sobre o sub irrigación en el óvalo 7-19, se determinó el tiempo de riego para cada usuario en función del tiempo de riego calculado y el turno de riego asignado por la junta de regantes. Además fue necesario identificar el caudal entregado, el área cultivada, el tipo de cultivo y las necesidades hídricas de cada cultivo.

Para determinar si existe sobre o sub irrigación se utilizó el siguiente criterio: para cada agricultor se determinó el volumen de agua que requieren los cultivos, siendo la variación máxima permitida del 10% (+5%, -5%), por lo tanto:

- Existe sobre irrigación, cuando el volumen entregado es mayor al volumen calculado (+5%).
- Existe sub irrigación, cuando el volumen entregado es menor al volumen calculado (-5%).

Necesidad hídrica mensual

La necesidad hídrica mensual, toma en cuenta parámetros de precipitación efectiva y evapotranspiración real de los cultivos, de esta manera se opera el balance hídrico para conocer las necesidades hídricas de los cultivos utilizando la siguiente formula (Ortiz, 2017).

$$NHM = Pe + DH - ETr$$

Donde:

NHM: Necesidad hídrica mensual (mm)

Pe: Precipitación efectiva mensual (mm)

DH: Aporte de humedad de precipitaciones anteriores (mm)

ETr: Evapotranspiración real mensual (mm)

Si NHM es mayor que 0.0, se dice que en el período analizado hay un exceso, mientras que cuando NHM es menor que 0.0 se dice que existe un déficit de humedad; este déficit de humedad corresponde a la necesidad hídrica del cultivo para el período en estudio.

Necesidad hídrica diaria

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos elaboró un procedimiento de cálculo en base a la máxima necesidad del cultivo durante su ciclo vegetativo y la dosis o lámina de riego neta.

$$NHD = 0.034 \times \frac{NHM^{1.09}}{Ln^{0.09}}$$

Donde:

NHD: Necesidad hídrica diaria en el período de punta (mm d⁻¹)

NHM: Necesidad hídrica máxima mensual (mm)

Ln: Lámina neta (mm)

Lamina neta

Según el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos la fórmula para calcular la lámina neta es:

$$Ln = p \times \left(\frac{CC - MP}{100} \right) \times pr$$

Donde:

Ln: Lámina neta (mm)

p: Porcentaje máximo de agotamiento de agua en el suelo (decimal)

CC: Capacidad de campo (porcentaje)

MP: Punto de marchitamiento (porcentaje)

pr: Profundidad radicular efectiva del cultivo (mm)

Lámina total

La determinación de la lámina total que el canal de riego provee a la parcela se calculó mediante la siguiente fórmula (Ortiz, 2017).

$$LT = \frac{NHD * Fr}{Efa}$$

Donde:

LT: Lamina total (mm)

NHDp: Necesidad hídrica diaria (mm)

Fr: Frecuencia de Riego (días)

Efa: Eficiencia de aplicación (días)

- **Necesidad hídrica ponderada**

Según Ortiz (2017), la fórmula para calcular la necesidad hídrica ponderada es:

$$NHDp = \frac{NHD - C_1 * A_1 + \dots + NHD - C_n * A_n}{AT}$$

Donde:

NHDp: Necesidad hídrica diaria ponderada (mm d⁻¹)

NHDC: Necesidad hídrica diaria del cultivo (mm d⁻¹)

A1: Área del cultivo 1 (m²)

AT: Área total del agricultor (m²)

Evapotranspiración de referencia (ET₀) – Método del tanque evaporímetro

La evapotranspiración de referencia, se determinó mediante el método del tanque evaporímetro. Este método determina la evapotranspiración de referencia a partir de un coeficiente derivado del tipo de la instalación del tanque, el cual varía de 0.70 a 0.85. Para la Tola, estación M002 del INAMHI, el coeficiente promedio del tanque es 0.72. Según FAO (1989), en su boletín 56 indica la siguiente fórmula para calcular ET₀.

$$ET_0 = k_p \times E_0 \approx 0.72 \times E_0$$

Donde:

ET₀: Evapotranspiración potencial (mm mes⁻¹)

K_p: Coeficiente del tanque evaporímetro

E₀: Evaporación promedio mensual (mm mes⁻¹)

- **Coeficiente de cultivo “K_c”**

Procedimiento para determinar los valores del coeficiente de cultivo, utilizando la metodología de la FAO.

1. Se determinó el período vegetativo y la duración de cada fase de desarrollo.
2. Se determinó el K_c para la fase inicial; para lo cual se calculó la frecuencia de riego (Ln/ET₀.) para el mes de siembra.

3. De acuerdo a la humedad relativa y velocidad del viento, se determinó los valores de K_c para las fases 3 y 4.
4. Se trazó una línea recta con el valor de K_{c1} , desde la fecha de plantación hasta el final de la fase 1.
5. Se trazó una línea recta desde el inicio hasta el final de la fase 3 con el valor de K_c para la fase 3.
6. Se trazó una línea recta desde el final de la fase 3 (punto 4) hasta el final de la fase 4 (punto 5).
7. Se trazó una línea recta desde el final de la fase 1 (punto 2) hasta el inicio de la fase 3 (punto 3).
8. Se determinó los valores de K_c para cada uno de los meses del ciclo vegetativo del cultivo.

Este procedimiento se realizó para los diferentes cultivos en explotación de los usuarios escogidos para las mediciones de los caudales (Ortiz, 2017).

- **Evapotranspiración real (ET_r) o uso consuntivo**

Entendiendo que la evapotranspiración real del cultivo, es la combinación del agua transportada por los cultivos y de la evaporada directamente desde el suelo hacia la atmósfera, se calculó como el producto entre la evapotranspiración potencial por el coeficiente de cultivo K_c (Allen *et al.*, 2006).

$$ET_r = K_c \times ET_0$$

Donde:

ET_r: Evapotranspiración real del cultivo mensual (mm)

K_c : Coeficiente del cultivo

ET₀: Evapotranspiración potencial mensual (mm)

- **Volumen de agua**

El volumen de agua que se entrega al agricultor se calculó con la siguiente fórmula (Ortiz, 2017):

$$V = \frac{10 * LT * AT}{10000}$$

Donde:

V: Volumen total (m³)

LT: Lamina total (mm)

AT: Área de la parcela (m²)

- **Tiempo de riego**

El tiempo de riego se calculó con la siguiente fórmula (Ortiz, 2017).

$$T = \frac{V}{Q * 3.6}$$

Donde:

T: Tiempo en horas (h)

V: Volumen de riego calculado (m³)

Q: Caudal de ingreso al agricultor (l s⁻¹)

El tiempo de riego calculado se contrastó con el tiempo de riego asignado por la junta de regantes, por lo tanto, si el tiempo asignado por la junta es mayor al tiempo de riego calculado existe sobre irrigación; si el tiempo asignado por la junta de regantes es menor al tiempo de riego calculado, existe sub irrigación.

Cálculo de áreas irrigables

Para determinar el área cultivada se utilizó el GPS, que permite identificar coordenadas, luego se digitalizaron los polígonos de los diferentes cultivos encontrados en cada predio (Ver fotografía 39). Para la digitalización de los datos se utilizó el programa ArcMap 10.5, se creó diferentes shapefile para todos los cultivos encontrados, en el sistema de coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zona 17S, se digitalizó todas las zonas cultivadas y se calculó su área.

3.3.3 Entrevistas

Para cumplir con el tercer objetivo de la investigación se utilizó como estrategia de investigación las entrevistas, que me permitió conocer los criterios de los diferentes actores de la JRT (ver Cuadro 8) y realizar un análisis sobre el aspecto socio organizacional y su influencia en las eficiencias de conducción y distribución.

A la entrevista se le considera una herramienta que permite una comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, con el fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas (Díaz *et al.*, 2013).

Durante los recorridos y medición de los caudales en los ramales secundario y terciario, la participación de los diferentes actores permitió entender la problemática con respecto a la gestión del agua en el SRT. El uso de entrevistas semiestructuras y diálogos casuales me permitieron obtener datos puntuales y relevantes (Ver anexos 5, 6, 7, 8, 9).

Cuadro 8. Actores entrevistados.

Nº	Cargo	Nombre
1	Sr. Segundo Vilaña	Usuario
2	Sra. Rosa Vilaña	Usuario
3	Sr. Luis Tarapues	Usuario (mayordomo Inmobiliaria Valseriana S.A)
4	Sra. Francisca Vilaña	Presidenta óvalo 7-19
5	Sr. José Manuel Pisuña	Presidente Ramal La Viña
6	Sr. José Trujillo	Canalero
7	Sr. Bolívar Guapaz	Canalero
8	Ing. Juan Pablo Hidalgo	Presidente JRT

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficiencia de conducción

4.1.1 Levantamiento de información

De los 7 ramales que conforman el sistema de Riego Tumbaco, en el ramal La Viña es donde se ha podido observar un mayor incremento de las urbanizaciones, disminuyendo significativamente el área dedicada a la agricultura.

En esta investigación se presentaran los datos obtenidos en las tres secciones del canal secundario y en el óvalo 7 - 19.

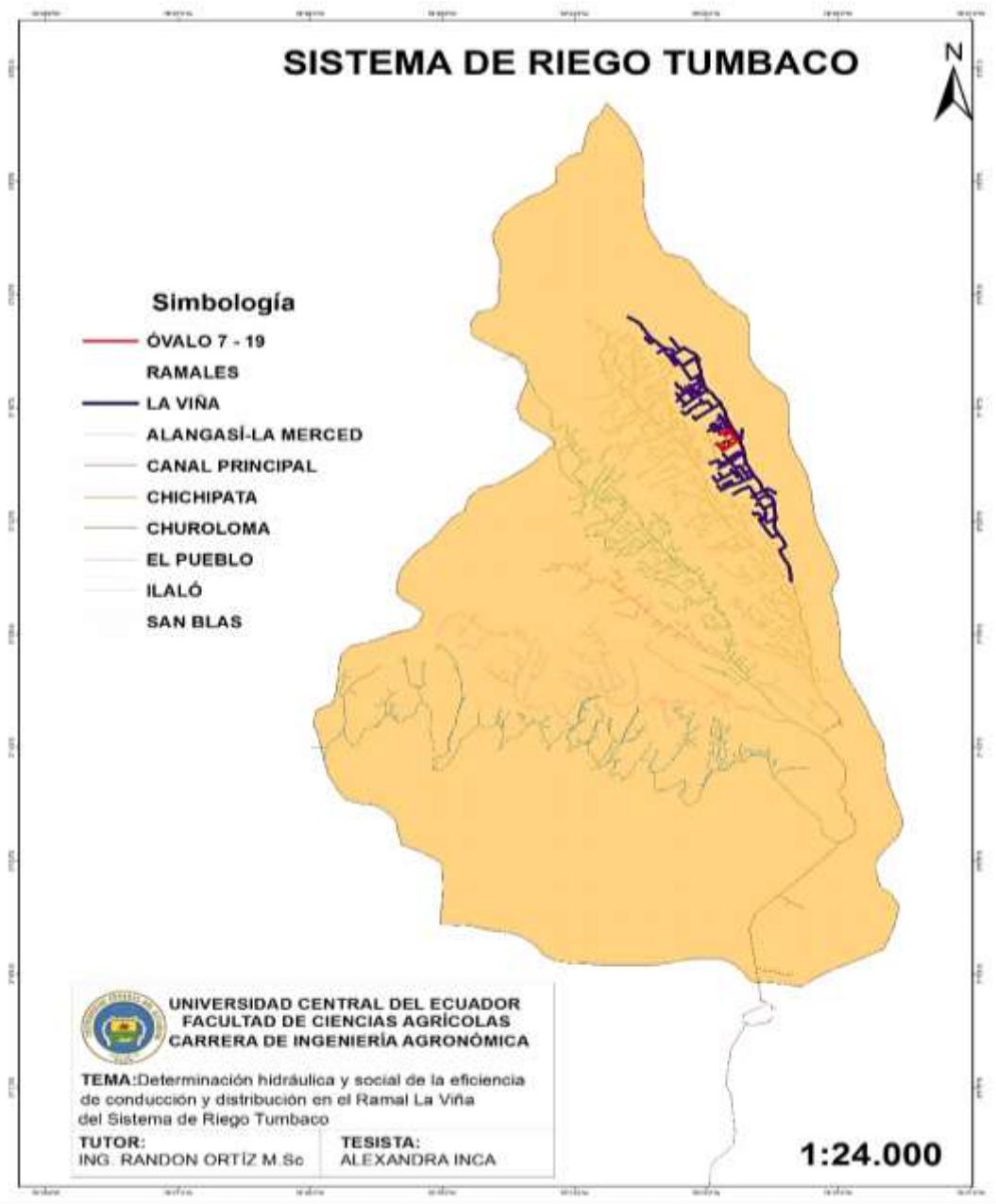


Figura 9. Ubicación del Ramal "La Viña" y del óvalo 7-19 en el sistema de riego Tumbaco

El canal secundario del ramal “La Viña” tiene una longitud de 4.36 Km, en su trayecto se encuentran diferentes tipos de secciones de canal: sin revestir (Ver fotografía 1), entubado (Ver fotografía 2), embaulado (Ver fotografía 3) y revestido (Ver fotografía 4), siendo éste el de mayor presencia con un 40.10% en la extensión del ramal (Cuadro 9).

Según los datos del levantamiento catastral realizado por los estudiantes de la FCA – UCE en el año 2017, el ramal La Viña cuenta con una superficie regable de 38.38 ha, 246 usuarios y 19 óvalos.

Cuadro 9. Tipo de canales y longitud

Tipo de canal	Longitud (m)	%
Entubado	673.234352	15.43
Abierto	963.618492	22.08
Embaulado	976.734484	22.38
Revestido	1749.85476	40.10

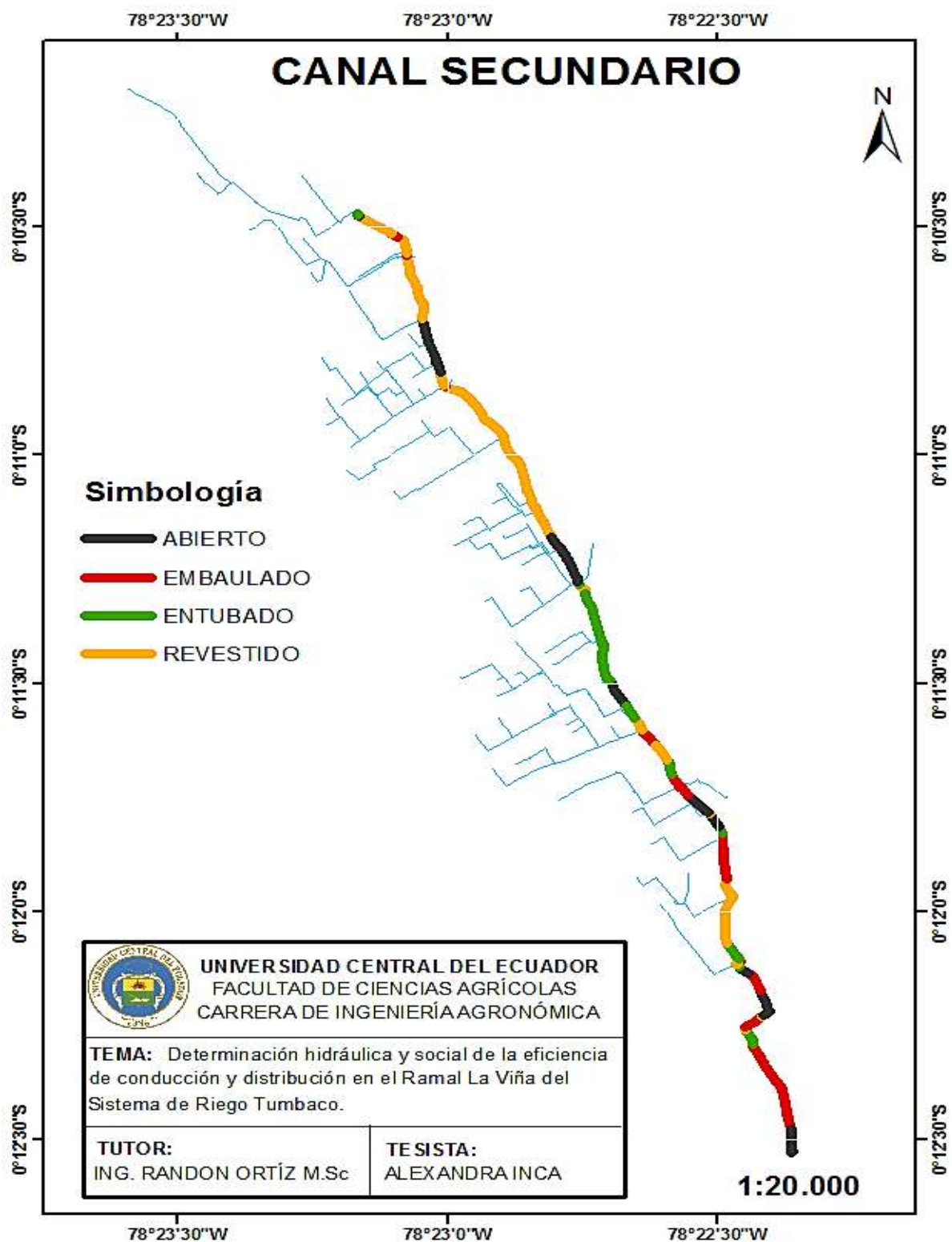


Figura 10. Canal secundario

4.1.2 Secciones

Luego de realizar un recorrido por el canal secundario, se identificaron tres secciones: al inicio, en el medio y en la parte final del canal, para analizar la eficiencia de conducción, se levantó información sobre el tipo de canal, presencia o ausencia de pasto, material flotante, obras civiles y se midió el caudal en 2 puntos, el caudal de ingreso y el caudal de salida en cada sección (Ver Anexo 22).

Las características físicas observadas fueron las siguientes:

Cuadro 10. Información de la sección 1

Sector	Sección	Coordenadas (UTM)	Observación	Fotografía
TOLA GRANDE	S1P1	X: 792454.5 Y: 9976915.8	El primer punto se encuentra al inicio del ramal, el canal se encuentra revestido, no existe presencia de material flotante.	
	S1P2	X: 792456.03 Y: 9976971.7	En el segundo punto el canal no se está revestido, a los lados del canal se observa la presencia de plantas y basura, existe presencia de sedimentos.	

Cuadro 11. Información de la sección 2

Sector	Sección	Coordenadas (UTM)	Observación	Fotografía
LA ESPERANZA	S1P1	X: 791743.28 Y: 9979160.27	El canal es revestido, se encuentra poca presencia de pasto que está creciendo en la parte superior del canal.	
	S1P2	X: 791727.32 Y: 9979186.46	En el segundo punto el canal es revestido. No existe presencia de plantas. El tramo del canal se encuentra dentro de una urbanización.	

Cuadro 12. Información de la sección 3.

Sector	Sección	Coordenadas (UTM)	Observación	Fotografía
SAN CARLOS	S3P1	X: 791139.73 Y: 9980464.14	El canal no es revestido, existe presencia de pasto y en el fondo del canal se observa algas y raíces.	
	S3P2	X: 79134.169 Y: 9980495.31	El canal no está revestido, existe presencia de pasto, algas y raíces, se observa infiltración del agua.	

4.1.3 Medición de caudal

Para obtener el dato de la carga hidráulica (H_a) se tomaron cuatro mediciones con intervalos de cinco minutos en las tres secciones del ramal antes mencionadas (Ver anexo 11), obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 13. Caudales medidos en las tres secciones del ramal

Sección	H_a (m)	Caudal ingreso	H_a (m)	Caudal salida	Pérdidas
	S1	(l s ⁻¹)	S2	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)
1	0.49	4,62	0.45	3.99	0.63
2	0.32	2.44	0.31	2.29	0.14
3	0.19	1.13	0.17	0.89	0.24

En el Cuadro 13 se observa la variación del caudal en las diferentes secciones debido principalmente a la derivación hacia los canales terciarios.

(Núñez, 2013), establece que las pérdidas de caudal en un canal del sistema de riego ocurren principalmente por infiltración y van a depender del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración y carga hidráulica, a este nivel las pérdidas oscilan entre el 15% a 45%. Otros factores como pérdidas por fugas, ocurren por el mal estado de las estructuras, pérdidas por el mal manejo operacional del personal y por evaporación, también disminuyen la eficiencia de conducción.

En la sección 1 se evidencia una pérdida de caudal de 0.63 l s⁻¹, mayor con respecto a los valores obtenidos en el resto de secciones, la pérdida se debe a que el canal es no revestido, existe presencia de abundante vegetación que impide el flujo normal del agua y sobre todo a que la distancia recorrida es de 40.78 m, mayor que el resto de secciones.

En la sección 2 las pérdidas fueron de 0.14 l s⁻¹, principalmente porque el canal es revestido, la presencia de material vegetal es mínima y la distancia recorrida es de 30.52m. En la sección 3 las pérdidas del caudal fueron de 0.24 l s⁻¹, a pesar que la distancia recorrida es similar a la sección 2 el aumento en la pérdida se debe a que el canal no está revestido y a la presencia de material vegetal que evita un flujo continuo y por lo tanto ocurre una pérdida de caudal.

4.1.4 Cálculo de eficiencia de conducción

Con los datos obtenidos de los caudales en las tres secciones se calculó la eficiencia de conducción, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 14. Eficiencia de conducción

Sección	Longitud (m)	Tipo	Eficiencia de conducción (%)	Interpretación
1	40.78	Revestido/No revestido	86.29	Excelente
2	30.52	Revestido	94.13	Excelente
3	31.12	No revestido	79.02	Buena

La eficiencia de conducción en la sección 1 fue del 86.29%, considerándose como excelente, esta eficiencia se debe principalmente a que el punto 2 de la sección, el canal no es revestido y está cubierto por abundante vegetación que impide el flujo normal del agua y que se manifiesta en una disminución del caudal inicial.

La eficiencia de conducción en la sección 2 fue del 94.13%, interpretándose como excelente, este resultado se debe a que las pérdidas de agua por infiltración son bajas debido a que el canal es revestido y la variación del caudal se debe a la presencia de sedimentos que impiden el flujo continuo del agua.

La eficiencia de conducción en la sección 3 fue del 79.02%, considerándose como buena, este resultado se debe a que el canal no es revestido, presenta vegetación en su interior e infiltración de agua, estos factores disminuyen el caudal.

Sáenz *et al.* (2002), establece que las pérdidas de conducción en los canales se estima principalmente en 29% por infiltración, 13% debido a pérdidas operativas: fugas en las estructuras, variación de los niveles de operación de los canales, desperdicios durante la entrega en parcelas, pérdidas administrativas como la poca preparación del personal de operación y 1% por evaporación en los canales.

Palacios (1996), divide las pérdidas en el sistema de riego en intrínsecas y operacionales. Las primeras se refieren a las pérdidas por evaporación, infiltración, textura de suelos, longitud y estado de conservación de los canales, que son relativamente constantes para cada diseño de riego; las segundas se relacionan fundamentalmente con el manejo del agua y que por lo general corresponden al caudal manejado, experiencia del personal y supervisión realizada, suelen ser mayores y variables en función del volumen manejado por los caudales.

Las pérdidas por evaporación y evapotranspiración no son de consideración y es poco lo que se puede hacer para evitarlas, las pérdidas por infiltración se pueden disminuir con revestimiento, lo que representa inversión, sin embargo, las pérdidas por operación son

prácticamente mayores en todos los casos presentados y se generan principalmente por mala programación, cambios de riegos, maniobras en los canales y pérdidas administrativas (Pedroza & Hinojosa, 2013).

Los valores calculados contrastan con los resultados de Lizano & Calvache (2007), quienes en su estudio realizado en el ramal La Viña indican una eficiencia de conducción del 70.4%, los canales abiertos constituyen el 85.7%, por lo tanto, la pérdida de eficiencia es mayor que en la actualidad.

Estudios realizados por Yungan (2019), en el ramal Churolooma, demostraron una Efc del 95.62%; Ipiales (2019), en el ramal Ilaló determinó una Efc del 85.66%; Vela (2019), en el ramal Chichipata determinó una Efc del 96.42%; Pupiales (2019), una Efc en el ramal El Pueblo del 96.90%, observándose que los valores promedios obtenidos son cercanos a la Efc determinados en el ramal La Viña (86.48%).

A pesar de que la Efc en promedio obtenida es excelente, durante las mediciones se pudo constatar el mal estado de las estructuras como compuertas, regletas y la falta de mantenimiento, es decir la falta de eliminación de sedimentos y basura del canal.

4.1.5 Aspectos sociales en el ramal

Hasta la década de los 80 los habitantes del lugar se dedicaban a la agricultura, especialmente cultivos de ciclo corto y cítricos. En los años 90 inició el proceso de transición urbanística, se construyeron fábricas especialmente de textiles, conjuntos habitacionales y la superficie dedicada a la agricultura se redujo.

“[...] aquí en la Viña, el agua de la sequía es para las fábricas, a los que viven abajo les llega pite⁸ agua” (Sr. José Manuel Pisuña).

Este desarrollo urbanístico ha influido significativamente en el aspecto organizativo porque se han perdido prácticas culturales como mingas y reuniones ocasionando que la solidaridad y reciprocidad entre miembros sea mínima. Sin embargo el desarrollo urbanístico ha permitido realizar actividades conjuntas para revestir la mayoría del canal secundario lo que se evidencia en una eficiencia de conducción excelente.

“[...] mi trabajo consiste en abrir la compuerta del ramal, lo hago tomando en consideración si en días anteriores ha llovido en el sector y según el pedido del usuario que me dice dará abriendo bastante o abrirá poco nomas” (Sr. Bolívar Guapaz) (Ver fotografía 50).

En la parte final del ramal, en el sector San Carlos, la presencia de residuos y falta de mantenimiento en el encauce del agua de riego contribuyen para que la eficiencia en esta sección sea buena; menor a las dos secciones anteriores.

⁸ Pite: Vocablo quechua que significa pequeña cantidad

4.2 Eficiencia de conducción y distribución en el óvalo 7 - 19

4.2.1 Levantamiento de información

Durante el recorrido, la unidad terciaria se identificó a la entrada del óvalo una válvula de 4 pulgadas, que deriva el agua del canal secundario, los canales terciarios son revestidos (Ver fotografía 8) , embaulados (Ver fotografía 10) y abiertos (Ver fotografía 9), éstos últimos cubiertos en su mayoría por abundante hierba, además se observó la presencia de escombros. Las acometidas son revestidas (Ver fotografía 7) y otras de tierra, a manera de tapón de las acometidas se utilizan costales, piedras, adoquines y en pocos usuarios compuertas (Ver fotografía 12).

Cuadro 15. Identificación principales estructuras en óvalo 7-19

	Observación	Fotografía
Caja de revisión	A la entrada del óvalo se identificó una válvula de 4 pulgadas y el tubo de 6 pulgadas	
Entrada al óvalo	Localizado inmediatamente luego de la caja de revisión, es revestido	
Canales terciarios	Se identificaron canales revestidos de hormigón	
	Canales abiertos, cubiertos con abundante hierba y en algunos casos presencia de basura	

Acometida

Están revestidas,
presentan sedimentos
y hierba.



En el óvalo 7-19 se identifican 12 usuarios activos⁹, el canal terciario tiene una longitud aproximada de 1 119.38 m y un área cultivable de 38 278.73 m².

Cuadro 16. Longitud y tipo de canales terciarios en el óvalo 7-19

Óvalo	Longitud (m)			
	Abierto	Revestido	Embaulado	Total
7-19	497.34	546.58	74.46	1 119.38

En el Cuadro 16 se evidencia que la mayor parte del canal es revestido, además el canal terciario del óvalo 7-19 cuenta con 12 acometidas que son revestidas y abiertas.

4.2.2 Eficiencia de conducción

La Efc se determinó en base a los caudales medidos (Cuadro 17).

⁹ Aquellos usuarios que constan el padrón de riego y hacen uso del agua de riego.

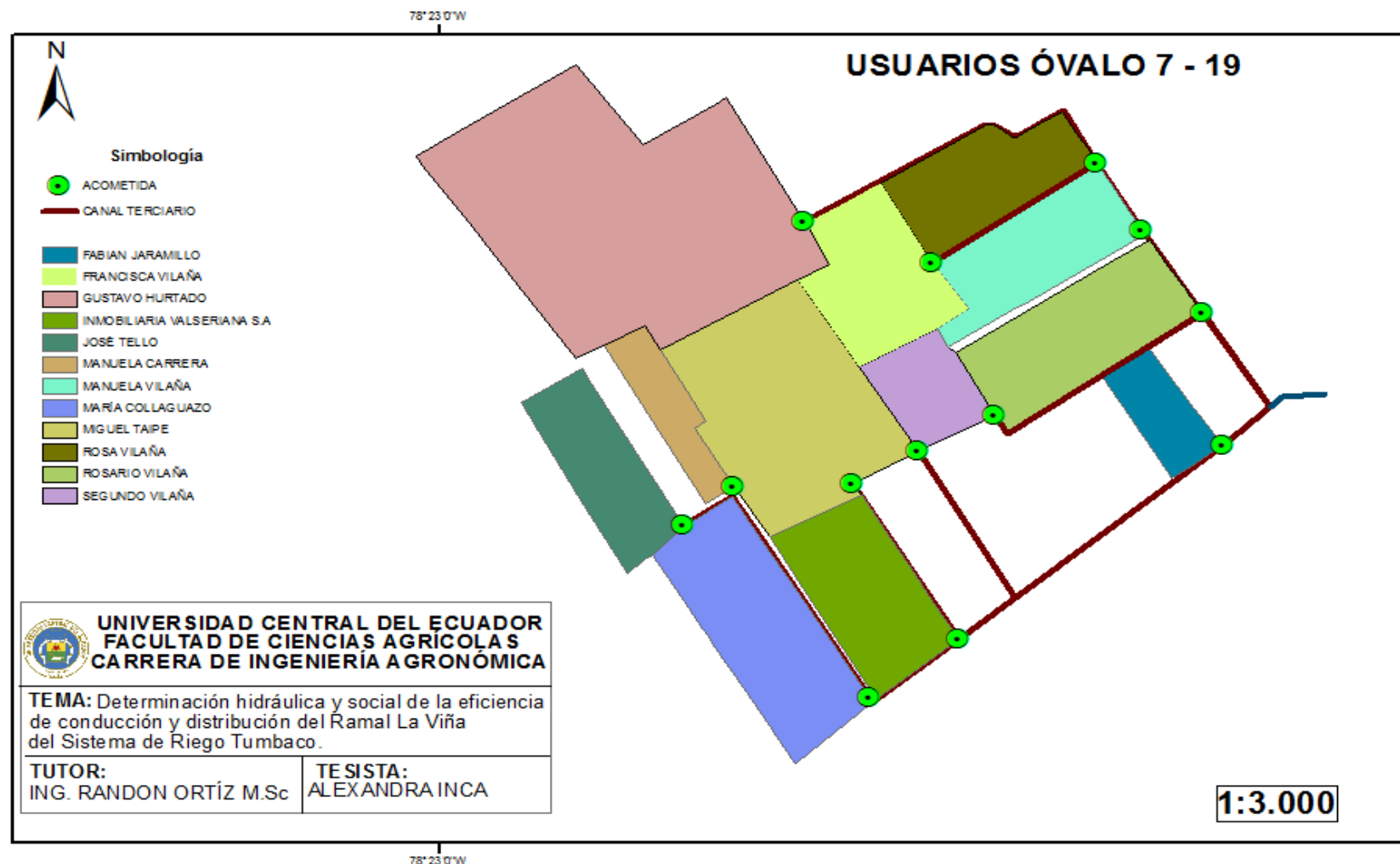


Figura 11. Usuarios óvalo 7 -19

Cuadro 17. Eficiencia de conducción

Usuario	Tipo canal	Caudal l s ⁻¹	Efc (%)	Interpretación
ÓVALO		1.17		
Fabián Jaramillo	Embaulado	1.11	94.87	Excelente
Taipe Miguel	Embaulado	1.11	94.87	Excelente
Vilaña María Rosario	Revestido	1.02	87.18	Excelente
Vilaña María Rosa	Revestido	0.94	80.34	Excelente
Inmobiliaria Valseriana S.A	Abierto	0.94	80.34	Excelente
Hurtado Gustavo	Revestido	0.72	61.54	Buena
Collaguazo María	Abierto	0.72	61.54	Buena
Vilaña Manuela	Revestido	0.72	61.19	Buena
Vilaña Segundo	Abierto	0.59	57.84	Buena
Vilaña María Francisca	Abierto	0.59	53.15	Buena
Tello José	Abierto	0.48	41.03	Mala
Carrera Manuela	Abierto	0.48	41.03	Mala
Promedio			67.99%	

El caudal de ingreso al óvalo fue de 1.17 l s⁻¹ y el menor caudal registrado fue de 0.48 l s⁻¹ (Cuadro 17), siendo la pérdida de 0.69 l s⁻¹, esta pérdida se debe principalmente al tipo y estado de canal, ya que al ser abierto facilita la infiltración, además, la presencia de basuras, piedras a lo largo del trayecto y la falta de mantenimiento hacen que el agua no fluya normalmente y en algunas parte el agua se desborde.

Sin embargo, en los canales embaulados la Efc es alta debido a que la longitud recorrida es corta y por lo tanto, las pérdidas son mínimas, en los canales revestidos la eficiencia se considera como excelente y va disminuyendo mientras mayor es la distancia que recorre el agua, por ejemplo, en el predio del Sr. Hurtado Gustavo, la longitud recorrida es de 348 metros aproximadamente, con una eficiencia del 61.54% en comparación con la Sra. Vilaña

María Rosario, en la cual la eficiencia es del 87.18%, principalmente debido a que la distancia de recorrido del agua es de 63 metros.

La Efc mala se observa en los canales abiertos, causado principalmente por la presencia de abundante vegetación, falta de mantenimiento e infiltración del agua.

Yungan (2019), en el ramal Churoloma determinó una Efc del 75.32%; Ipiales (2019), en el ramal Ilaló del 63.05%; Vela (2019), en el ramal Chichipata del 74.67%; Pupiales (2019), determinó una Efc del 52.30% en el ramal El Pueblo, encontrándose que la eficiencia determinada en la presente investigación concuerda con los resultados obtenidos en los otros ramales.

4.2.3 Eficiencia de distribución

Para determinar la Efd se determinó la superficie cultivada, el volumen distribuido en el predio y el turno de riego facilitado por la JRT.

Cuadro 18. Eficiencia de distribución en el óvalo 7 - 19

Nº	Usuario	Q(m³h⁻¹)	Área (Ha)	Turno	V (m³)	V/S	Mayor menor	a
1	Fabián Jaramillo	3.996	0.096	3	11.99	292.39	625.31	
2	Miguel Taipe	3.996	0.246	18	71.93	292.39	292.39	
3	Inmobiliaria V.	3.672	0.242	8	27.07	111.79	124.88	
4	Collaguazo María	3.384	0.145	12	31.10	625.31	111.79	
5	Tello José	3.384	0.137	5	8.64	63.22	99.51	
6	Carrera Manuela	2.592	0.112	6	10.37	92.92	92.92	
7	Vilaña Rosario	2.578	0.393	8	29.38	74.75	74.75	
8	Vilaña Rosa	2.592	0.272	8	27.07	99.51	65.39	
9	Vilaña Segundo	2.124	0.201	4	8.50	42.37	63.48	
10	Vilaña Manuela	2.124	0.325	8	20.62	63.48	63.22	
11	Vilaña Francisca	1.728	0.352	8	16.99	48.29	48.29	
12	Hurtado Gustavo	1.728	1.308	33	85.54	65.39	42.37	
promedio							142.02	
V 25%							51.29	
Efd							36.11 %	

La Efd en el óvalo fue del 36.11%, interpretada como pobre. Las Efd obtenidas en los estudios realizados por Yungan (2019), en el ramal Churolooma fue del 50.5%; Ipiales (2019), en el ramal Ilaló del 44.50%; Vela, (2019), en el ramal Chichipata del 53.05%; Pupiales, (2019), en el ramal El Pueblo del 53.07%. Estos valores comparados con la Efd determinada en el ramal La Viña cuyo valor fue del 36.11%, son altos, debido a que el caudal recibido es menor que el medido en los otros ramales.

Lizano & Calvache (2007), en su estudio realizado para medir la distribución técnica del agua del ramal “La Viña”, afirma que el agua no es adecuadamente distribuida ya que no se consideran parámetros técnicos para su aplicación (superficie regable, requerimientos hídricos y eficiencia de conducción).

La baja eficiencia en la red del sistema de riego se debe a que los canales no cuentan con estructuras de control adecuadas que permitan mantener niveles constantes de agua durante su distribución, a que los canales no están revestidos en su mayoría, así como, la deficiente conservación de las obras de infraestructura, que favorecen las pérdidas operativas del sistema.

Los usuarios son fundamentalmente los gestores del agua en la red de distribución, por lo tanto, las limitaciones asociadas a la gestión y conservación de estas redes repercuten sobre la eficiencia del sistema de riego (Cruz & Bielsa, 2001). Entre las posibles causas de ineficiencia debido a pérdidas operacionales se hace referencia a los desfases entre los turnos de riego y a los desajustes entre las cantidades demandadas y requeridas por lo que los caudales no llegan a las parcelas en las cantidades adecuadas.

4.2.4 Aspectos sociales en el óvalo 7-19

Los propietarios de la Hacienda La Viña, cedieron una pequeña extensión de tierra a los comuneros, ellos se agruparon en lo que actualmente se conoce como el óvalo 7 – 19, es decir, este óvalo es en todo el ramal, el único que pertenece a los descendientes directos de los Quitus – Caras, nativos del lugar.

“[...] los vecinos no colaboran, no respetan los turnos de agua, don Hurtado más de un año que no paga las cuotas y los demás tampoco quieren pagar porque el agua no les alcanza” (Sra. Francisca Vilaña) (Ver fotografía 52)

En el canal terciario el trabajo conjunto entre directorio y usuarios con respecto a gestión, manejo, capacitación, son los principales factores para que la eficiencia de conducción sea buena y la eficiencia de distribución sea pobre, porque los usuarios al sentirse insatisfechos con el caudal que reciben, han dejado de realizar el mantenimiento de los canales y de cumplir con sus obligaciones como miembros de la junta.

“[...] este año perdí todito el maíz, murió secándose porque el agua no llega donde nosotros, los únicos que se benefician del agua son los dueños de las fábricas (Sra. Rosa Vilaña) (Ver fotografía 51).

Con respecto a los derechos individuales los usuarios que se dedican a la agricultura en este caso los hermanos Vilaña¹⁰, se sienten vulnerados porque el manejo del recurso es

¹⁰ Sra. Rosa Vilaña, Sra. Rosario Vilaña, Sra. Francisca Vilaña, Sr. Segundo Vilaña.

inequitativo, favoreciendo a las empresas textiles, además no existe el apoyo del resto de usuarios, debido a que ellos se dedican a otras actividades y tienen poco interés en el manejo del agua de riego.

4.2.5 Sobre y sub irrigación

Se escogió el óvalo 7-19 porque es en el que se puede observar la mayor presencia de cultivos destacándose el maíz, la alfalfa, frejol, hortalizas, cítricos y frutales (Ver Anexo 14).

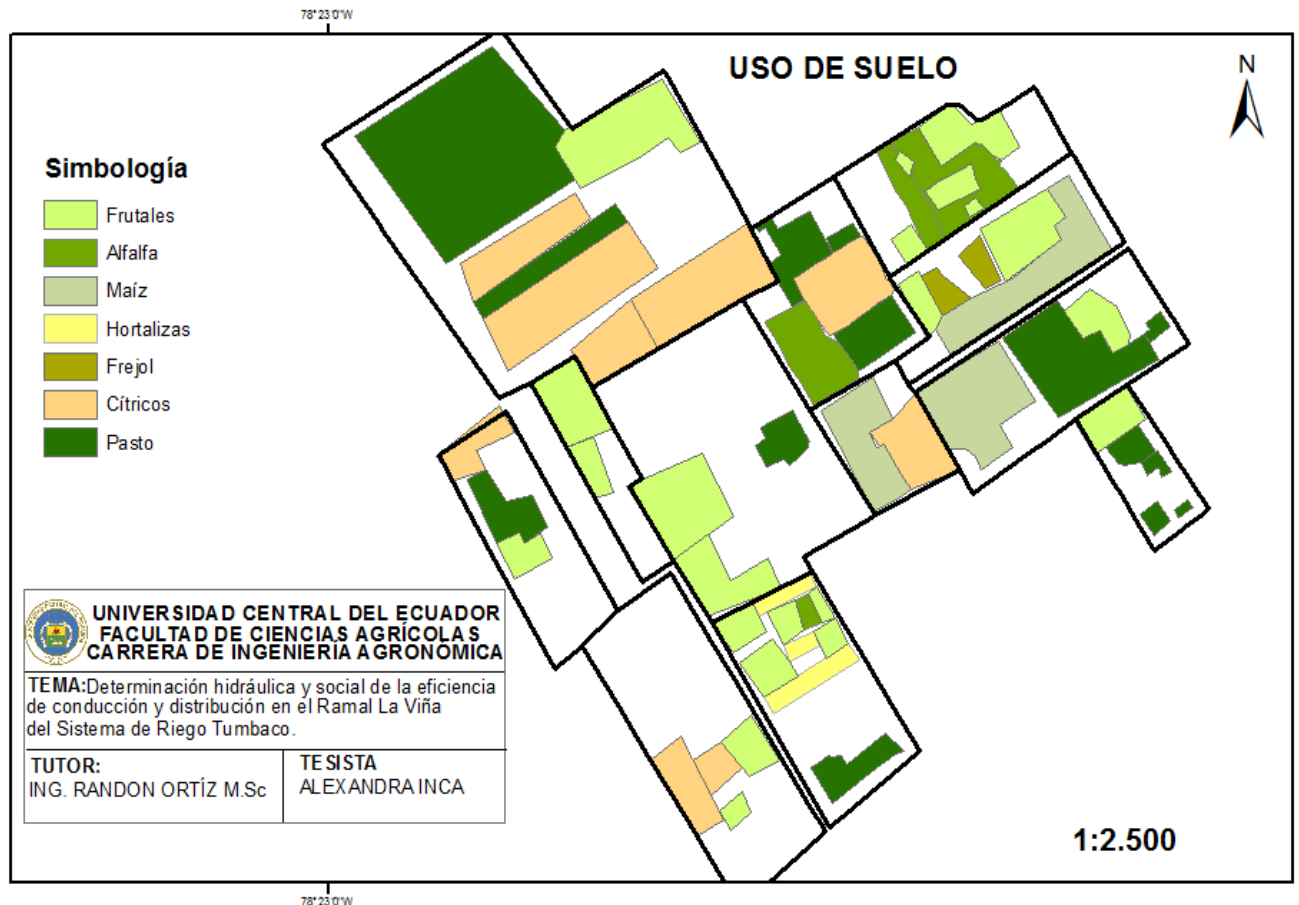


Figura 11. Uso de suelo óvalo 7 -19

Para determinar sobre y sub irrigación fue necesario conocer el área cultivada, el tipo de cultivo (Ver Anexo 18) y el caudal recibido por cada usuario y mediante el balance hídrico se calculó la demanda hídrica mensual; el análisis de tiempo máximo de riego se realizó para el mes de agosto, un mes crítico debido a la mayor tasa de evapotranspiración y a la falta de lluvias propias de la época seca.

Las mediciones de caudal en el canal terciario se realizaron en el mes de marzo, mes que debido a las condiciones climáticas proporciona la cantidad de agua suficiente para el desarrollo adecuado del cultivo por lo que se evidencia una sobre irrigación en los cuatro usuarios (Cuadro 19). El cálculo de tiempo de riego máximo se realizó para el mes de

agosto, obteniéndose una sub irrigación en todos los usuarios del óvalo, ya que el tiempo asignado de riego es insuficiente para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos.

Cuadro 19. Sobre irrigación o sub irrigación del cultivo

N.	Usuario	TR-m (h)	TR-a (h)	Tiempo asignado (h)	Condición 1 TR-m	Condición 2 TR-a
1	Fabián Jaramillo	2.54	17.58	3	Sobre irrigación	Sub irrigación
2	Taipe Miguel	7.35	45.36	18	Sobre irrigación	Sub irrigación
3	Inmobiliaria Valseriana S.A.	7.33	45.62	8	Sobre irrigación	Sub irrigación
4	Collaguazo María	4.17	45.62	12	Sobre irrigación	Sub irrigación
5	Tello José	5.86	51.76	5	Sub irrigación	Sub irrigación
6	Carrera Manuela	8.14	47.84	6	Sub irrigación	Sub irrigación
7	Vilaña María Rosario	8.40	71.90	8	Sub irrigación	Sub irrigación
8	Vilaña Segundo	5.15	60.00	4	Sub irrigación	Sub irrigación
9	Vilaña Manuela	9.33	77.86	8	Sub irrigación	Sub irrigación
10	Vilaña María Rosa	10.46	62.70	8	Sub irrigación	Sub irrigación
11	Vilaña María Francisca	14.23	121.02	8	Sub irrigación	Sub irrigación
12	Hurtado Gustavo	37.06	354.86	33	Sub irrigación	Sub irrigación

En las entrevistas realizadas a los usuarios manifestaron que efectivamente el agua que fluye por el canal terciario es insuficiente y la distribución a los predios es mínima, situación que ha provocado la pérdida de sus cultivos.

El tiempo de riego asignado por la JRT es constante durante todos los meses del año, sin embargo, los cálculos realizados permiten observar que existen picos de variabilidad, por ejemplo, el usuario 1 durante los meses de enero a mayo y de septiembre a diciembre tiene

sobre irrigación, mientras que en el mes de agosto, el turno de riego no cubre las necesidades hídricas (Figura 13).

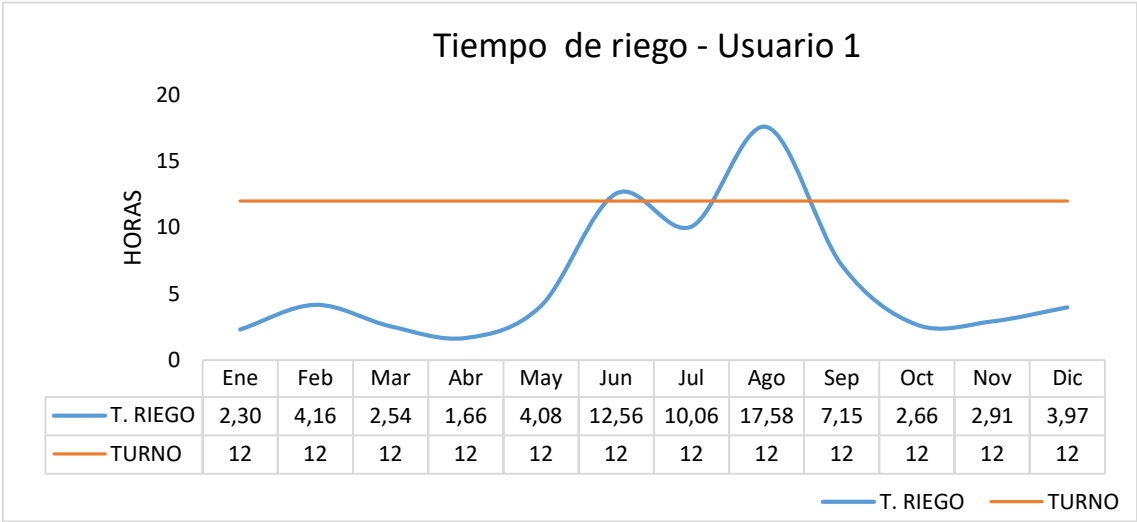


Figura 12. Determinación tiempo de riego Usuario N. 1

La señora Vilaña María Francisca, manifiesta que se siente afectada debido a que paga mensualmente las cuotas por el uso del agua, pero el caudal que recibe es insuficiente para abastecer el área cultivada que posee y efectivamente en la Figura 14 se puede observar que la usuaria en la mayoría de los meses del año, el número de horas que recibe de agua es menor en relación a la requerida para satisfacer las necesidades hídricas y asegurar una buena producción.

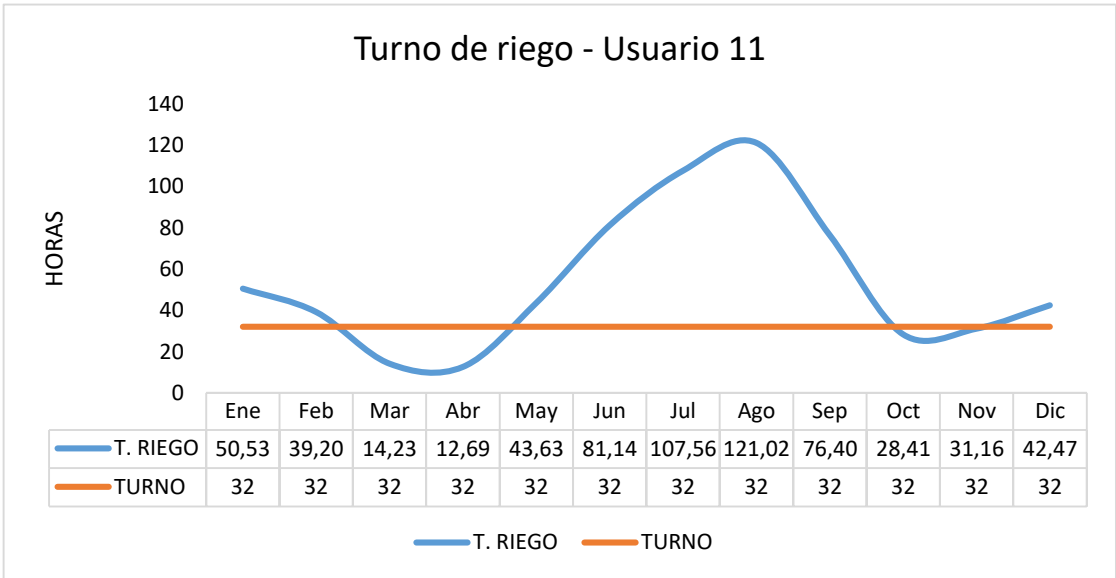


Figura 13. Determinación tiempo de riego Usuario N. 11

4.3 Análisis social

El manejo del agua durante su conducción y distribución por el sistema de canales de riego es deficiente, debido principalmente a: mal estado de la infraestructura que facilita la pérdida por fugas, la infiltración en canales no revestidos, falta de limpieza de hierbas presentes en los canales, falta de estructuras o equipos de medición, por lo que el personal de operación (canaleros) tienen que estimar el caudal ocasionando una distribución que puede ser inequitativa, a la poca capacitación del personal encargado de operar el agua del sistema de riego y a estructuras de control poco mantenidas que no permiten tener niveles constantes de caudal, ocasionando que se transmitan estas variaciones a los canales terciarios afectando al caudal entregado en la parcela. (Sáenz, Vélez, & Exebio, 2002).

En la década de los sesenta los suelos de la zona de Tumbaco eran utilizados en su mayoría para la producción agrícola de cultivos de ciclo corto y frutales, pero a partir de los años noventa se inicia un proceso de urbanización que se ha ido incrementando, provocando la disminución de la actividad agrícola en el lugar (Espín, 2015).

En el ramal La Viña se identifican tres tipos de usuarios: agrícola, ornamental e industrial, siendo la distribución de agua muy inequitativa en los grupos. Según los datos de la Junta de Riego Tumbaco (2016) la empresa Fashion Lana es un usuario permanente y recibe un caudal significativo. La asignación de turnos de agua por parte de la junta se realiza en base a la extensión del área cultivada y la cantidad de usuarios del óvalo, garantizando la disponibilidad de un turno semanal de forma rotativa y son fijos para todos los meses del año. La última actualización de los turnos de riego se realizó hace 2 años, siendo imposible tener una base de datos actualizada porque los propietarios venden o subdividen los predios.

En la actualidad ha existido una fuerte transición urbanística, el 60 – 70% de propietarios están subdividiendo sus propiedades ya sea para entregar a sus herederos o para lotizarlos y luego venderlos. Si bien los problemas que se presentan por parte de los usuarios por materializar sus derechos de agua, no son intensos, sí existe una inconformidad porque a pesar de pagar por el turno de agua, asistir a reuniones y mingas, el agua no llega a sus parcelas y los usuarios se sienten impotentes al perder sus cultivos que para ellos representan un ingreso económico.

“[...] existe un malestar constante con los usuarios debido a que riegan sus terrenos por inundación y están acostumbrados a verlos cubiertos de agua, por lo tanto se trata de un problema complejo de mentalidad más no de recurso hídrico” (Ing. Juan Pablo Hidalgo) (Ver fotografía 53)

En el ramal La Viña y en general en todo el Sistema de Riego Tumbaco, es necesario identificar a los usuarios que utilizan el agua de riego en la agricultura para de esta manera optimizar el recurso hídrico, que en estos tiempos es escaso. La implementación de un sistema de riego presurizado reduciría el tiempo de riego, la producción sería efectiva y los derechos individuales de los usuarios serían respetados y materializados.

La actual administración tiene como reto que los derechos colectivos de los usuarios se cumplan, y han comenzado con la actualización del padrón de usuarios de todo el sistema de riego, “[...] *las anteriores administraciones no tenían el interés de que se maneje un riego equitativo*” (Ing. Juan Pablo Hidalgo).

“[...] Agradezco a la UCE por la iniciativa de participar en proyectos que benefician a la comunidad ya que permite la integración de conocimientos (Ing. Juan Pablo Hidalgo).

V. CONCLUSIONES

- La eficiencia de conducción en la primera y segunda sección del canal secundario del ramal La Viña son consideradas como excelentes, en la tercera sección la eficiencia fue menor debido a la infiltración del agua, debido a que el canal recorre áreas industriales y conjuntos habitacionales en donde los usuarios han realizado obras de revestimiento y embaulamiento del canal, reduciéndose las pérdidas de agua por filtraciones.
- El promedio de la eficiencia de conducción del óvalo fue de 67.99% que se interpreta como buena, el promedio de eficiencia de distribución en los canales terciarios del óvalo en estudio fue de 36.11 % interpretada como pobre, según el criterio de uniformidad propuesto por Christiansen, el resultado se debe principalmente al mal mantenimiento del canal por parte de los usuarios, se encontró: basura, abundante maleza, piedras que provocan desbordamiento del agua y por lo tanto, una disminución del caudal aprovechable. Además los aspectos socio – organizativos y la falta de interés en la agricultura son determinantes para que los usuarios dejen de cumplir sus obligaciones como miembros del sistema de riego.
- Los turnos de riego son permanentes durante el año y el tiempo riego varía en función de las necesidades hídricas y del área de cultivo, es por eso que, todos los usuarios presentaron sub irrigación, situación que disminuye la productividad de los cultivos. Además, el caudal que ingresa al óvalo es menor en comparación con los otros ramales que forman parte del Sistema de Riego Tumbaco, debido a que los usuarios industriales reciben de forma permanente un caudal significativo afectando a los usuarios ubicados en la cola del ramal.
- En la parte social, los derechos individuales han sido vulnerados y se ha fomentado una distribución desigual que favorece a personas con poder económico, ocasionando en los usuarios cierto malestar porque a pesar de haber adquirido un derecho y pagar por él, la realidad es diferente cuando a su parcela no llega el agua y sus cosechas se pierden.

VI. RECOMENDACIONES

- Para mejorar la eficiencia de conducción en el canal secundario es necesario la impermeabilización, mantenimiento o cambio de estructuras como compuertas y regletas en mal estado y la limpieza de sedimentos.
- Para mejorar la eficiencia de conducción y distribución en los canales terciarios los usuarios deben limpiar y dar un mantenimiento frecuente a sus canales, colocar compuertas en las acometidas revestidas. Para la distribución del turno de agua, se debe respetar el horario y mantener las compuertas cerradas para que el usuario que está ocupando su turno reciba el caudal en su totalidad.
- Los actores del sistema de riego Tumbaco deben desarrollar medidas y acuerdos, que permitan fortalecer el aspecto socio-organizativo con la finalidad de mejorar la gestión y el aprovechamiento del agua, de esta manera se evitará que el usuario se sienta relegado y participará de forma activa cumpliendo con sus obligaciones y tareas dentro de la organización.
- Realizar un estudio que permita conocer el impacto del crecimiento urbano en la gestión del Sistema de Riego Tumbaco y su pertinencia en la actualidad ya que la actividad agrícola ha sido relegada en este sector.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agricultura, M. de. (2000). Validación y transferencia de tecnología de riego y sistemas productivos en áreas regadas, sistema Paloma, IV región. Disponible en <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9851/CNR-0244.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Allen, R. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO.
- Brouwer, C., Prins, K., & Heibloem, M. (1989). Irrigation Water Management : Irrigation Scheduling, (4). Disponible en <http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/fwm/Manual4.pdf>
- Bustamante, R. (2006). Derechos de Agua. Disponible en <http://negowat.cirad.fr/cursos/Modulo I/Presentaciones/6 Derechos de agua.pdf>
- Calderón, S. (2014). Evaluación del recurso hídrico en cinco barrios de Tumbaco, pichincha. Universidad Central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3242/1/T-UCE-0004-100.pdf>
- Carranza, G. (2017). Cálculo de la eficiencia de conducción y distribución en el sector hidráulico menor clase B del Río Chonta y Cajamarquino en el canal de riego La Victoria, Yanamarca, Rumicucho-Cajamarca. Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9685/CARRANZA_CORDOVA_GALINDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cleves, J., Toro, J., & Martínez, L. (2016). Los balances agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 10, 149–163. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n1/v10n1a14.pdf>
- Cruz, J., & Bielsa, J. (2001). Sobre la eficiencia, el uso sostenible del recurso del agua y la gestión del territorio, 85–112. Disponible en http://www.ceddar.org/content/files/articulo_f_244_03_Ager1_articulo_3.pdf
- Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Métodos de riego : fundamentos, usos y adaptaciones. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias, 1-20. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf

- Díaz, L., Corruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. ELSEVIER, 2(7), 162–167. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n7/v2n7a9.pdf>
- Duarte, B. A. (2010). Dinámica histórica de los derechos de agua en el Valle del Cauca, Colombia: un estudio de caso en el distrito de riego RUT= Historical Dynamics of water rights in the Cauca Valley, Colombia: a case study on the RUT irrigation district. Thesis (M. Sc.).
- Espín, M. (2015). Evaluación de los efectos de la contaminación ambiental en la productividad de los cultivos agrícolas en los barrios La Morita, La Tola; El Arenal, La Esperanza y Collaquí ubicados en la parroquia de Tumbaco, Distrito Metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional. Disponible en bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11852/1/CD-6559.pdf
- ESRI. (2016). ArcMap. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- Eyndt, T. (18 de noviembre de 2018). Virtual surveyor. Obtenido de <http://support.virtual-surveyor.com/en/support/solutions/articles/1000261351-what-is-wgs84->
- F A O. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- FAO. (n.d.). Eficiencia de riego, 39–53. Disponible en http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recreat/pdf/MR_cap3.PDF
- FAO. (2012). Diseño de métodos de riego: Eficiencia de riego.
- Fierro, G. (2018). Elaboración de un modelo experimental de la fase preliminar de una planta de tratamiento de aguas residuales. Universidad de las Américas. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9282/1/UDLA-EC-TIAM-2018-21.pdf>
- Foro Peruano para el Agua. (2011). Balance Hídrico Superficial. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf
- Fuentes, J., & García, G. (1999). Técnicas de riego. Sistemas de riego en la agricultura. (Mundi-Prensa, Ed.) (Primera ed.). México-DF. Disponible en www.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2015/09/Tecnicas-de-Riego.pdf

- GADPichincha. (2014). Diagnóstico de Riego y Drenaje de la Provincia de Pichincha. Disponible en http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/Diagnóstico de Riego y Drenaje de la provincia de Pichincha.pdf
- GADTumbaco. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Tumbaco.
- García, A., & Soares, D. (2015). Tópicos socio-ambientales emergentes y productivos en la Cuenca de Jovel y su periferia - Chiapas. Universidad Autónoma de Chapingo, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- García, M. (2008). Eficiencia del Riego. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/EFICIENCIA.pdf>
- González, A., & Ramírez, J. (2014). Manual Piragüero Medición de Caudal. Programa Integral Red Agua, 1, 24.
- Guzmán, V., & Narváez, R. (2010). Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas. Disponible en <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/LineaBaseDHG.pdf>
- Hidalgo, J. (2010). Dinámica de acumulación de derechos de agua y conflictos. Estudio de caso de la Acequia Tabacundo, Ecuador. Wageningen University Wageningen.
- IICA. (2017). El agua para la agricultura de las Américas. México-DF. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6148/1/BVE17109367e.pdf>
- INRENA. (2005). Manuales para mejorar la gestión de los sistemas de riego en las organizaciones de usuarios de agua. Lima-Perú: Ministerio de Agricultura.
- Ipiales, O. (2019). Caracterización de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Ilaló” del Sistema de Riego Tumbaco. Universidad Central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18969>
- Irmak, S., Odhiambo, L. O., Kranz, W. L., & Eisenhauer, D. E. (2011). Irrigation Efficiency and Uniformity, and Crop Water Use Efficiency. The Board of Regents of the University of Nebraska, (January). Disponible en https://www.researchgate.net/publication/308323877_Irrigation_Efficiency_and_Uniformity_and_Crop_Water_Use_Efficiency
- Junta de Riego Tumbaco. (2015). Proyecto de Catastro de Usuarios de la Junta de Aguas de Tumbaco. Quito-Ecuador.
- Junta de Riego Tumbaco. (2016). Reglamento de operación y mantenimiento del sistema de riego de Tumbaco.

- Junta de Riego Tumbaco. (2017). Proyecto de reforma de estatutos de la junta general de usuarios del sistema de riego Tumbaco, 17.
- Lizano, R., & Calvache, M. (2007). Estudio de distribución técnica del agua para 251 usuarios del ramal La Viña del sistema de riego. Tumbaco-Pichincha. Disponible en https://www.academia.edu/25399750/estudio_de_la_distribucion_tecnica_del_agua_para_251_usuarios_del_ramal_la_Viña_del_sistema_de_riego_Tumbaco-Ecuador
- Losada, A. (1997). Glosario sobre sistemas de riego, 4, 55–68. Disponible en <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/download/4-4\article6.pdf>
- Lux, M. (2010). Medidores De Flujo En Canales Abiertos. Biblioteca.Usac.Edu.Gt. Universidad de San Carlos de Gu.
- Mahecha, J. (2012). Generalidades de los sistemas de riego, 1–23. Disponible en [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/6575/CARTILLA ANEXA MAHECHA VANEGAS JAIRO ANDRES.pdf?sequence=9&isAllowed=y](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/6575/CARTILLA_ANEXA_MAHECHA_VANEGAS_JAIRO_ANDRES.pdf?sequence=9&isAllowed=y)
- Maldonado, I., & Uribe, H. (n.d.). Programación de riego. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR25606.pdf>
- Marbello, R. (2005). Vertederos y calibración de vertederos de medida. Disponible en [http://bdigital.unal.edu.co/12697/31/3353962.2005.Parte 6.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/12697/31/3353962.2005.Parte%206.pdf)
- Martín, I., & Salcedo, R. (2011). Mecánica de fluidos Tema3. Medida de caudales, 1–21. Disponible en [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3_medida de caudales.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3_medida_de_caudales.pdf)
- MINAGRI-DGIAR. (2015a). Manual del Cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego. Disponible en <https://infoagronomo.net/manual-calculo-eficiencia-sistemas-de-riego/>
- MINAGRI-DGIAR. (2015b). Manual del Cálculo de eficiencia para Sistemas de Riego, 54.
- Mirassou, S. (2009). “La Gestión Integral de los Recursos Hídricos : Aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua.” Disponible en <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/1365/2/TFLACSO-02-2009SBM.pdf>
- Moreno, R. (2018). Marco legal de creación de la agencia de regulación y control de agua. Disponible en <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Informe-Final-Rendición-de-Cuentas-2018.pdf>
- Núñez, R. (2013). Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego del centro poblado Tartar Distrito de Baños del Inca - Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en

- <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/514/T2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 627.52 N962
- Ochoa, E. (2017). Caracterización predial y de infraestructura del sistema de riego Tumbaco - Ramal Churoloma (Zona 1), 2016. (Zona 1), 88. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13344>
- Ortiz, R. (2017). Necesidades-hídricas-de-los-cultivos. Quito.
- Oscar Miranda. (1982). Cuándo y cuánto regar. La Platina.
- Pedroza, E. (2001a). Canal Parshall. Disponible en [http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/AguasChañar/10_Estudio_Intercambio_Empresa/03_Anexos/Anexo_Estudio_OyM/Anexo_13/Instrumentación_Flujometro/Canaletas Parshall/canal parshall.pdf](http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/AguasChañar/10_Estudio_Intercambio_Empresa/03_Anexos/Anexo_Estudio_OyM/Anexo_13/Instrumentación_Flujometro/Canaletas_Parshall/canal_parshall.pdf)
- Pedroza, E. (2001b). Canal Parshall. México DF. Disponible en http://201.116.60.182/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf
- Pedroza, E., & Hinojosa, G. (2013). Manejo y distribución del agua en distritos de riego. Breve introducción didáctica. (Primera ed.). México. Disponible en https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/manejo-dadr/files/assets/common/downloads/publication.pdf
- Pérez, M. (2017). "Organización social de los sistemas de riego para el cultivo hortícola en la comunidad de las Moras, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí. Disponible en <https://biblio.colsan.edu.mx/tesis/PerezBaltazarMarialrene.pdf>
- PSI. (2004). Determinación de Eficiencias de Conducción y Distribución. Disponible en http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_manuales_determinacion_eficiencias.pdf
- Pupiales, I. (2019). Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal "El Pueblo" del Sistema de Riego Tumbaco. Universidad Central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18512/1/T-UCE-0004-CAG-085.pdf>
- Romero, E., Rodríguez, A., Rázuri, L., Suniaga, J., & Montilla, E. (2009). Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*cucumis sativus* L.), durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación. Agricultura andina, 56–69. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30236/articulo5.pdf;jsessionid=177645BF152E83BB3B4454B3EED0D4E6?sequence=1>

- Sáenz, E. M., Vélez, E. P., & Exebio, A. (2002). Problemas operativos en el manejo del agua en distritos de riego. *TERRA Latinoamericana*, 20, 217–225. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/573/57320215.pdf>
- Sánchez, C. (2013). Diseño de alternativas técnicas en la transformación del riego superficial por inundación a riego tecnificado modular. Caso de análisis: Óvalo Tunga, Sistema de riego Mocha - Huachi. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5810/1/CD-4704.pdf>
- Santiago, S., Arteaga, R., Sangerman, D., Cervantes, R., & Navarro, A. (2012). Evapotranspiración de referencia estimada con FAO-Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves y RNA. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 1535–1549. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n8/v3n8a5.pdf>
- Secretaría Nacional del Agua del Ecuador. (2012). Informe de gestión 2012 secretaría nacional del agua, 1–29.
- Secretaría Nacional del Agua del Ecuador. (2016). Propuesta de modelo de gestión integral del riego en el Ecuador. Disponible en <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/06IGC2016-mgriego-senagua-modelo-de-gestión-integral-del-riego.pdf>
- SENAGUA. (2018). Boletín Hídrico. Disponible en <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/boletin-hidrico.compressed.pdf>
- Servicio Hidrológico Nacional. (2005). Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador, 109.
- Siegrist, J. (2016). Medición, control y regulación de agua en canales y acequias. Disponible en <http://www.fecoreva.es/wp-content/uploads/2016/06/ponencia-regaber.pdf>
- Tamayo, C., Ortiz, R., & Cepeda, D. (2017). Sistemas de producción campesinos y gestión social del riego: el caso de la acequia Mocha-Huachi. *Siembra*, 4(1), 21–30. Disponible en <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/299/289>
- UNESCO. (1981). Métodos de cálculo del balance hídrico. Madrid-España. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>
- Vela, B. (2019). Caracterización de la eficiencia de conducción y de distribución en el ramal “Chichipata” del Sistema de Riego Tumbaco. Universidad Central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18598/1/T-UCE-0004-CAG-086.pdf>
- Villavicencio, A., & Villablanca, A. (2010). Determinación del coeficiente de uniformidad riego. Santiago de Chile: INIA-URURI.

- Yungan, A. (2019). Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Churolooma” del sistema de riego Tumbaco. Universidad Central del Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18508/1/T-UCE-0004-CAG-082.pdf>
- Zambrano, C. (2014). El marco legal y la Ley de Aguas. Disponible en <http://www.camaren.org/documents/archivo5.pdf>
- Zapatta, A., & Gasselin, P. (2005). El riego en el Ecuador: problemática, debate y políticas. Disponible en <http://www.camaren.org/el-riego-en-el-ecuador-problematica-debate-y-politicas-2/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. VOCABULARIO TÉCNICO (Losada, 1997)

Acometida. Instalación por la que se deriva parte de un fluido que circula por un conducto principal de aguas.

Bloque hidráulico. Unidad espacial de reparto entre diferentes usuarios, alimentada por un canal secundario o terciario dentro de un mismo sistema de riego. Grupo de usuarios que cooperan para distribuirse un flujo según las reglas establecidas.

Bocatoma. Estructura hidráulica construida sobre el canal que captan una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal.

Canal abierto. Conducto por el cual circula un flujo, que presente una superficie libre expuesta a la atmósfera.

Canal embaulado. Conducto tipo cajón que permite el paso del agua por su interior.

Canal primario. Canal que conduce el agua desde la bocatoma hacia los ramales.

Canal revestido. Canal cubierto con una película de material impermeable, el material utilizado en el revestimiento de canales es el hormigón de cemento que brindan resistencia, impermeabilidad y facilidad constructiva.

Canal secundario. Es el canal principal que conduce el agua por medio de cada uno de los ramales.

Canal terciario. Canal que conduce el agua desde el ramal secundario hacia las parcelas agrícolas.

Caudal. Cantidad de agua que mana o corre por unidad de tiempo.

Cajas de revisión. Obra hueca delimitada por la solera y los quijeros.

Compuerta. Plancha fuerte de madera o de hierro que se desliza a través de carriles y se coloca en los canales, diques, etc., para graduar o cortar el paso del agua, con accionamiento manual o motorizado, automático o no.

Conducción. Transporte del agua de una parte a otra. Conjunto de conductos dispuestos para el paso del agua.

Conducto. Canal, comúnmente tapado, que sirve para dar paso y salida a las aguas.

Consumo de agua. Gasto irrecuperable de agua inducido por los usos. En sentido estricto, el consumo producido durante la gestión de un sistema de riego se refiere al uso consuntivo dentro del dominio hidrográfico que le es propio.

Control. Regulación o mando manual o automático, sobre un sistema. Aplicase al dominio sobre el comportamiento del agua en los elementos que determinan el funcionamiento de un sistema de riego (captación, almacenamiento, conducción, distribución, aplicación).

Déficit de agua. Falta o escasez del agua que se juzga necesaria.

Demanda. Agua pedida por los usuarios bajo circunstancias económicas determinadas, como a un precio dado. En la ingeniería de riego, se hace uso de este término para hacer referencia a necesidades de agua calculadas con parámetros exclusivamente técnicos. Así la demanda de agua de un regadío es la intensidad de consumo de agua inducida por la atmósfera en los campos de cultivo.

Distribución. División del agua entre los regantes, designando lo que a cada uno le corresponde, según voluntad, conveniencia, regla o derecho. No se debe confundir con conducción o transporte, ni con aplicación.

Dosis de riego. Cantidad o porción de agua que se aplica a una unidad de superficie de cultivo en cada operación de riego.

Dotación. Acción y efecto de asignar o dar a una finca el derecho o la posibilidad de disponer de un caudal de riego determinado. Aportación real que se puede entregar a una superficie regable durante el tiempo en el que el riego es necesario, o a lo largo de toda una campaña anual de riegos. Su valor está en correspondencia con la reserva de almacenamiento y regulación anual de recursos hídricos y con la capacidad de sus sistemas de captación (superficiales o subterráneos), conducción, distribución y aplicación.

Eficiencia económico - social. Al tratar del recurso agua, su componente social obliga a considerarlo como más que un simple factor de producción y los criterios de eficiencia para resolver entre actuaciones alternativas de su distribución y uso deben atender no solo a las perspectivas técnicas y económicas, sino también a su condición como bien social.

Escasez. Se manifiesta, en relación con la disponibilidad de los recursos hídricos, como condición opuesta a la de excedencia, cuando la cuantía de la cantidad ofrecida es menor que la demandada al precio prevaleciente.

Evapotranspiración. Combinación de la evaporación del agua que fluye sobre la superficie del suelo y de la transpiración de las plantas hacia la atmósfera.

Desarenador. Estructura que sirve para retener arena y piedras pequeñas que son transportadas por las aguas superficiales, evitando que pasen al canal primario, está ubicado después de la bocatoma y antes de una estructura de almacenamiento, también puede encontrarse cerca de los canales de conducción.

Óvalos. Están ubicados a lo largo de la red secundaria, son llamados también medidores de caudales.

Parcelas agrícolas. Predio, propiedad o superficie territorial de cada una de las personas que se benefician del uso del agua.

Quijero. Lado en declive del cauce de una acequia.

Repartidor. Estructura hidráulica que sirve para distribuir el agua entre dos o más canales. Los canales hacia los cuales se deriva el agua deben estar ocupados con compuertas.

Sifón. Estructura en forma de “U” invertida que sirve para sacar directamente el agua del canal a la parcela, en el que el agua sale por diferencia de presión. Conductos cerrados utilizados para conducir el agua en el cruce de un canal con una depresión topográfica.

Solera. Ancho de canales y acequias.

Toma de regante. Abertura y orificio donde el agua de riego queda a disposición del usuario. Puede actuar como cabeza de control de una serie de ramificaciones que integran la correspondiente red de distribución terciaria. A este efecto, puede disponer de un terminal que facilite la conexión a la red principal, con contador o llave volumétrica, regulador de presión, limitador de gasto y otros dispositivos de control automático de operaciones de riego.

Vertedero. Obra donde se vierte agua por encima de una pared cuya coronación horizontal ofrece utilidad con fines de aforo o de regulación de nivel.

Zona regable. Superficie que tiene derecho al uso de las aguas otorgadas por una concesión para riego. La superficie de la efectivamente regada en régimen en plena producción, dentro del espacio hidráulico dominado por el sistema de riego, puede diferir.

Anexo 2. Registro de información. Eficiencia de conducción

REGISTRO DE INFORMACIÓN – EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN

RAMAL LA VIÑA

Fecha:		Sector:
Sección:		Punto:
UTM		
X:	Y:	Altitud:
Canal de Parshall $Q = 0.013762 \text{ ha}^{1.53}$ (ha= altura de convergencia)		
Altura de la convergencia (cm)	hora	
OBSERVACIONES		
Tipo de canal: _____		
Pasto:	Ausencia	☐
	Presencia	☐
Material flotante: (especificar) _____		
Obras civiles: (especificar) _____		
Notas		

Anexo 3. Registro de información. Eficiencia de distribución

REGISTRO DE INFORMACION – EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN

ÓVALO 7-19

Usuario:		Fecha:	
Vertedero rectangular sin contracciones $Q = 1.84 LH^{3/2}$			
Carga hidráulica (cm)		Hora	
Observaciones a) Tipo de canal: _____ b) Pasto: Ausencia: _____ Presencia _____ c) Material flotante: _____ d) Obras civiles: _____			

Anexo 4. Registro de información. Área de cultivos

REGISTRO DE ÁREA CON CULTIVOS

Usuario:			
Fecha:			
Cultivo:	Puntos		
	X	Y	Z
	Fotografía:		
Observaciones:			

Anexo 5. Guía entrevista Sr. Canalero



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

SISTEMA DE RIEGO TUMBACO

Fecha:

CUESTIONARIO PARA EL OPERARIO (CANALERO)

- 1.- Nombre.
- 2.- ¿Cuál es el cargo que usted ocupa en el Junta de Riego Tumbaco?
- 3.- ¿Cuántos años ha trabajado en la Junta de Riego Tumbaco?
- 4.- ¿Cuáles son las funciones que usted desempeña?
- 5.- ¿Cuál es el criterio que usted utiliza para abrir las compuertas y permitir que el agua fluya por los diferentes ramales?
- 6.- ¿En el Sistema de Riego Tumbaco existe infraestructura o algún instrumento que permita medir el caudal que debe fluir por el canal de riego?
- 7.- ¿Usted es capacitado para operar la red de conducción y distribución del Sistema de Riego Tumbaco?
- 8.- ¿Cómo controlan que los turnos de agua establecidos sean respetados?
- 9.- ¿En época seca qué se hace para evitar el desabastecimiento del agua y de esta manera evitar que se pierdan los cultivos?
- 10.- Usted considera que la calidad de servicio que brinda la Junta de Riego es:
Excelente_____ Muy buena_____ Buena_____ Regular_____
Mala_____
- 11.- Según su criterio, qué opinan los usuarios sobre el servicio que presta la Junta de Riego Tumbaco.
- 12.- ¿En el Ramal La Viña, usted considera que el agua de riego es utilizada para fines agrícolas?
- 13.- ¿En el Ramal la viña, cuál considera usted que sea el motivo por el que los usuarios han dejado de lado la agricultura?

Anexo 6. Guía entrevista Sr. presidente del ramal



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
SISTEMA DE RIEGO TUMBACO

Fecha:

CUERSTIONARIO PRESIDENTE DEL RAMAL LA VIÑA

- 1.- Nombre.
- 2.- ¿Cómo presidente del Ramal La viña, cuáles son las funciones que usted realiza?
- 3.- Existe apoyo de los usuarios del ramal para realizar mejoras que optimicen el uso de agua.
- 4.- ¿Se realizan mingas, reuniones u otra actividad para mantener en buen estado el canal?
- 5.- ¿De los usuarios miembros del ramal cuántos asisten a las actividades convocadas?
- 6.- ¿Usted mantiene reuniones con los presidentes de los óvalos para tratar temas que mejoren el uso dela gua de riego?
- 7.- Usted considera que la calidad de servicio que brinda la Junta de Riego es:
Excelente_____ Muy buena_____ Buena_____ Regular_____
Mala_____
- 8.- ¿Usted es capacitado por la Junta de Riego Tumbaco para realizar con éxito su trabajo como presidente del Ramal?
- 9.- ¿Las novedades que usted comunica a los miembros de la Junta de Riego (canaleros) son atendidas inmediatamente?
- 10.- Según su criterio, qué opinan los usuarios sobre el servicio que presta la Junta de Riego Tumbaco?
- 11.- ¿En el Ramal La Viña, usted considera que el agua de riego es utilizada para fines agrícolas?
- 12.- ¿En el Ramal La Viña, cuál considera usted que sea el motivo por el que los usuarios han dejado de lado la agricultura?

Anexo 7. Guía entrevista presidente del óvalo



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS SISTEMA DE RIEGO TUMBACO

Fecha:

CUESTIONARIO PRESIDENTE DEL ÓVALO 7 – 19

1.- Nombre:

2.- ¿Cómo presidente del óvalo 7 – 19, cuáles son las funciones que usted realiza?

3.- Existe apoyo de los usuarios para realizar mejoras que permitan un adecuado uso del agua de riego.

4.- ¿Se realizan mingas, reuniones u otra actividad para mantener en buen estado el canal?

5.- ¿De los usuarios miembros del óvalo, cuántos asisten a las actividades convocadas?

6.- Usted considera que la calidad de servicio que brinda la Junta de Riego es:

Excelente_____ Muy buena_____ Buena_____ Regular_____ Mala_____

7.- Usted es capacitado por la Junta de Riego Tumbaco para realizar con éxito sus labores como presidente del óvalo.

8.- ¿Las novedades que usted comunica a los miembros de la Junta de Riego son atendidas inmediatamente?

9.- ¿Según su criterio, qué opinan los usuarios sobre el servicio que presta la Junta de Riego?

10.- ¿En el Ramal La Viña, usted considera que el agua de riego es utilizada para fines agrícolas?

11.- ¿En el Ramal La Viña, cuál considera usted que es el motivo por el que los usuarios han dejado de lado la agricultura?

Anexo 8. Guía entrevista Sr. presidente JRT



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
SISTEMA DE RIEGO TUMBACO

Fecha:

CUESTIONARIO PRESIDENTE JUNTA DE RIEGO TUMBACO

1.- Nombre:

2.- ¿La información que posee la Junta de Riego Tumbaco es actualizada?

3.- ¿Cuál es el criterio para elaborar los turnos de riego, es decir el tiempo de agua de asignación de agua a los usuarios?

4.- ¿En época seca se toma en cuenta las necesidades hídricas de los cultivos para distribuir el agua a los usuarios?

5.- ¿En la constitución se establece que el agua del Sistema de Riego Tumbaco debe ser utilizado para fines agrícolas, usted considera qué es así?

6.- ¿En Tumbaco, especialmente el área que corresponde al ramal La Viña ha mostrado un gran crecimiento urbanístico, usted considera que el sistema de riego debe cambiar a un tipo de sistema de riego urbano?

7.- ¿La Junta de Riego Tumbaco cuenta con equipos que permitan medir el caudal que reciben los usuarios?

6.- Usted considera que la calidad de servicio que brinda la Junta de Riego es:

Excelente_____ Muy buena_____ Buena_____ Regular_____
Mala_____

Anexo 9. Guía entrevista usuarios



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

SISTEMA DE RIEGO TUMBACO

Fecha:

CUESTIONARIO PARA LOS USUARIOS

1.- Nombre:

2.- Propietario: Si _____ No _____

Características del lote:

3.- Tiene actividad agrícola Si _____ No _____

4.- Principal cultivo del Lote

5.- Otros cultivos presentes:

Perspectiva con respecto a la Junta de Riego

6.- Se siente parte de la Junta de Riego Si _____ No _____

7.- Cuántas horas recibe el agua de riego?

8.- En qué horario recibe el agua de riego?

9.- Usted considera que la calidad de servicio que brinda la Junta de Riego es:

Excelente _____ Muy buena _____ Buena _____ Regular _____
Mala _____

10.- Cree usted que el pago por el servicio de agua que recibe es el adecuado?

11.- ¿Considera que existe algún problema con el abastecimiento de agua de riego?

12.- ¿Usted considera que la cantidad de agua de riego recibida abastece la necesidad de sus cultivos.

13.- Usted participa en las actividades que propone la Junta de Riego.

14.- ¿A nivel de los usuarios del óvalo, ustedes se reúnen, dan mantenimiento al canal, reciben capacitación?

15.- ¿Qué hace usted como usuario para contribuir con la conservación del canal de riego?

16.- ¿Qué propone usted cómo miembro de la Junta de Riego para mejorar el servicio?

Anexo 10. Estructuras hidráulicas

TRABAJO DE CAMPO



Fotografía 1. Canal secundario sin revestir



Fotografía 2. Canal secundario entubado



Fotografía 3. Canal secundario embaulado



Fotografía 4. Canal secundario revestido



Fotografía 5. Derivación del caudal hacia la red terciaria. Eliminación de escombros



Fotografía 6. Válvula 4" ubicada en el ingreso al óvalo 7-19



Fotografía 7. Toma revestida



Fotografía 8. Canal terciario revestido



Fotografía 9. Canal terciario abierto



Fotografía 10. Canal terciario embaulado



Fotografía 11. Caja de revisión



Fotografía 12. Compuerta

Anexo 11. Eficiencia de conducción en el ramal secundario

Sección 1



Fotografía 13. Identificación de la sección 1 punto 1



Fotografía 14. Ubicación del canal de Parshall en el punto 1



Fotografía 15. Taponamiento de las filtraciones



Fotografía 16. Toma de lectura en el punto 1.



Fotografía 17. Identificación del punto 2



Fotografía 18. Ubicación del canal de Parshall



Fotografía 19. Taponamiento de las fugas



Fotografía 20. Lectura en la regleta punto 2

Sección 2:



Fotografía 21. Identificación de la sección 2



Fotografía 22. Colocación del canal de Parshall en el punto 1



Fotografía 23. Toma de la lectura en el punto 1



Fotografía 24. Colocación del canal de Parshall en el punto 2



Fotografía 25. Taponamiento de las fugas de agua



Fotografía 26. Toma de la lectura en la regleta punto 2.

Sección 3



Fotografía 27. Identificación de la sección 3



Fotografía 28. Toma de la lectura en la regleta punto 1.



Fotografía 29. Ubicación del canal de Parshall en el punto 2.



Fotografía 30. Toma de lectura en el punto 2.

Anexo 12. EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN



Fotografía 31. Válvula de entrada al óvalo 7-19



Fotografía 32. Medición del caudal de ingreso al óvalo 7-19



Fotografía 33. Medición caudal predio Sra. Vilaña María Rosario



Fotografía 34. Medición caudal predio Sr. Vilaña Segundo.



Fotografía 35. Medición caudal predio Sra. Vilaña Manuela



Fotografía 36. Medición caudal predio Sra. Vilaña María Francisca



Fotografía 37. Medición caudal predio Sra. Vilaña María Rosa



Fotografía 38. Limpieza canal terciario para medición caudal en últimos predios

Anexo 13. DETERMINACIÓN DE ÁREAS IRRIGABLES



Fotografía 39. Toma punto 1



Fotografía 40. Toma punto 2



Fotografía 41. Toma punto 3



Fotografía 42. toma punto 4

Anexo 14.Cultivos



Fotografía 43. Alfalfa



Fotografía 44. Aguacate



Fotografía 45. Pasto



Fotografía 46. Cítricos



Fotografía 47. Hortalizas



Fotografía 48. Fréjol



Fotografía 49. Maíz

Anexo 15. ENTREVISTAS



Fotografía 50. Entrevista al Sr. Bolívar Guapaz (operario)



Fotografía 51. Entrevista Sra. María Rosa Vilaña



Fotografía 52. Entrevista presidenta del óvalo



Fotografía 53. Entrevista presidente JRT

Anexo 16. Cuadro de datos obtenidos con el medidor de Parshall para el cálculo de eficiencia de conducción

Sección 1

Punto	Repetición	Hora	Ha(m)	Caudal (l s ⁻¹)
1	1	9:38	0.48	4.48
	2	9:42	0.51	4.84
	3	9:47	0.50	4.77
	4	9:52	0.48	4.41
2	1	10:12	0.44	3.92
	2	10:17	0.44	3.92
	3	10:22	0.45	4.06
	4	10:27	0.45	4.06

Sección 2

Punto	Repetición	Hora	Ha(m)	Caudal (l s ⁻¹)
1	1	10:41	0.33	2.52
	2	10:46	0.32	2.41
	3	10:51	0.32	2.41
	4	10:56	0.32	2.41
2	1	11:15	0.31	2.29
	2	11:20	0.32	2.41
	3	11:25	0.30	2.18
	4	11:30	0.31	2.29

Sección 3

Punto	Repetición	Hora	Ha(m)	Caudal (l s ⁻¹)
1	1	12:18	0.19	1.09
	2	12:23	0.20	1.17
	3	12:28	0.19	1.09
	4	12:33	0.20	1.18
2	1	12:58	0.17	0.91
	2	13:03	0.16	0.83
	3	13:08	0.17	0.91
	4	13:13	0.17	0.91

Anexo 17. Medición de caudales para determinar la eficiencia de distribución

Usuarios	Ha (m)	Caudal (l s ⁻¹)
OVALO		1.17
Fabián Jaramillo	0.18	1.11
Miguel Taipe	0.185	1.11
Inmobiliaria Valseriana S.A.	0.175	0.94
María Collaguazo	0.16	0.72
José Tello	0.14	0.48
Manuela Carrera	0.14	0.48
María Rosa Vilaña	0.175	0.94
María Rosario Vilaña	0.18	1.02
Vilaña Collaguazo Segundo Pedro	0.15	0.59
Manuela Vilaña	0.16	0.72
María Francisca Vilaña	0.15	0.59
Gustavo Hurtado	0.16	0.72

Anexo 18. Área cultivada

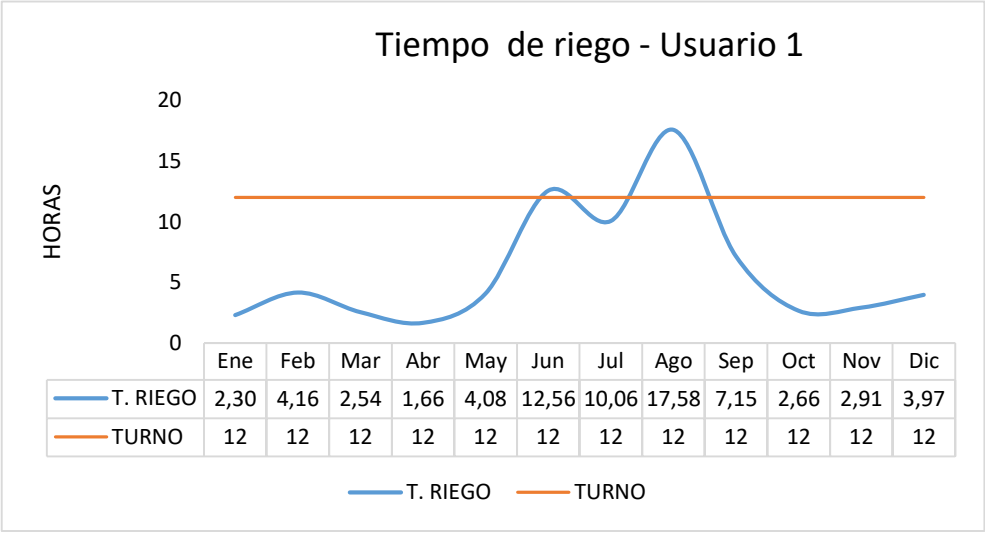
Usuarios	Cultivos							Área cultivada (m²)
	Frutales	Alfalfa	Maíz	Hortalizas	Frejol	Cítricos	Pasto	
Fabián Jaramillo	493.46						469.86	963.32
Taipe Miguel	2072.32						386.86	2459.18
Inmobiliaria Valseriana S.A.	1132.70	112.33		698.51			478.11	2421.65
Collaguazo María	497.42					950.32		1447.74
Tello José	303.50					480.04	583.14	1366.68
Carrera Manuela	1115.85							1115.85
Vilaña María Rosa	1193.61	1526.98						2720.59
Vilaña María Rosario	454.64		1657.11				1818.02	3929.77
Vilaña Segundo			1126.95			878.12		2005.07
Vilaña Manuela	1110.67		1686.21		451.64			3248.52
Vilaña María Francisca		985.62				1132.12	1401.08	3518.82
Hurtado Gustavo	1546.67					5527.34	6007.53	13081.54

Anexo 19. Turno de riego entregado por la Junta (JRT, 2017)

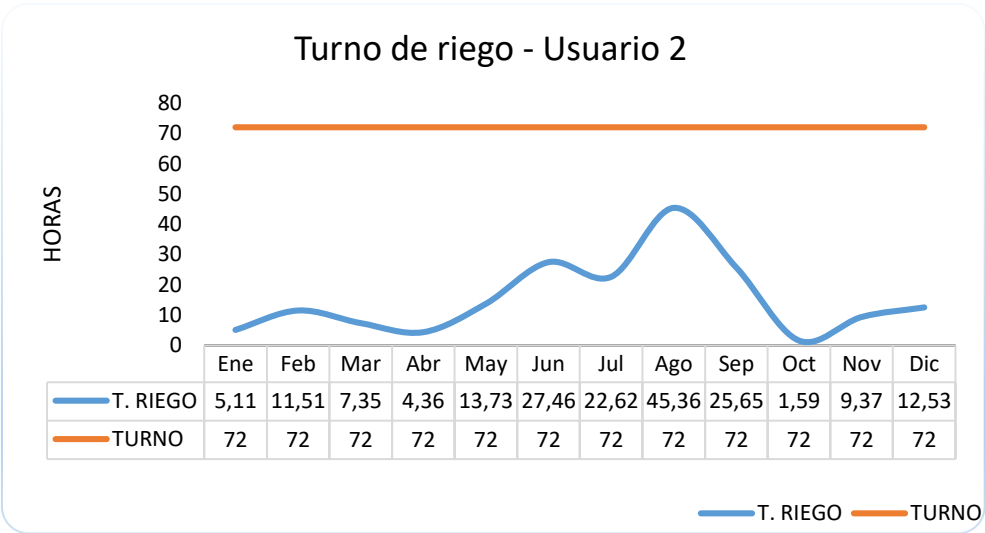
VALO	Apellidos y Nombres	Nº HORAS	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14
			16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29
7-19	Argüello Rivadeneira César Augusto	3	12:00 a. m. a 03:00 a. m						12:00 p. m. a 03:00 p. m						
7-19	Vega Avilés Ángel Virgilio	3	03:00 a. m. a 06:00 a. m						03:00 p. m. a 06:00 p. m						
7-19	Taipe Guachamin Miguel Ángel	18	06:00 a. m. a 00:00						06:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 12:00 p. m					
7-19	Báez Fuertes Víctor Manuel	4		12:00 a. m. a 04:00 a. m						12:00 p. m. a 04:00 p. m					
7-19	Inmobiliaria Valseriana S.A.	8		04:00 a. m. a 12:00 p. m						04:00 p. m. a 00:00					
7-19	Collaguazo Ulco María Presentación	12		12:00 p. m. a 00:00							12:00 a. m. a 12:00 p. m				
7-19	Tello Llerena José Luis	5			12:00 a. m. a 05:00 a. m						12:00 p. m. a 05:00 p. m				
7-19	Carrera Vda. de Collaguazo Manuela	6			05:00 a. m. a 11:00 a. m						05:00 p. m. a 11:00 p. m				
7-19	Burbano Paredes Martha Azucena	3			11:00 a. m. a 02:00 p. m						11:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 02:00 a. m			
7-19	Vilaña Collaguazo María Rosa	8			02:00 p. m. a 10:00 p. m							02:00 a. m. a 10:00 a. m			
7-19	Vilaña Collaguazo María Rosario	8			10:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 06:00 a. m						10:00 a. m. a 06:00 p. m			
7-19	Vilaña Collaguazo Segundo Pedro	4				06:00 a. m. a 10:00 a. m						06:00 p. m. a 10:00 p. m			
7-19	Vilaña Collaguazo de Cabascango Manuela	8				10:00 a. m. a 06:00 p. m						10:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 06:00 a. m		
7-19	Vilaña Collaguazo de Velasco María F.	8				06:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 02:00 a. m						06:00 a. m. a 02:00 p. m		
7-19	Hurtado Larrea Gustavo Raúl	33					02:00 a. m. a 00:00	12:00 a. m. a 11:00 a. m					02:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 11:00 p. m	
7-19	Ojeda Ayala Tamara	4						11:00 a. m. a 03:00 p. m						11:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 03:00 a. m

Anexo 20. Tiempo de riego calculado para cada usuario

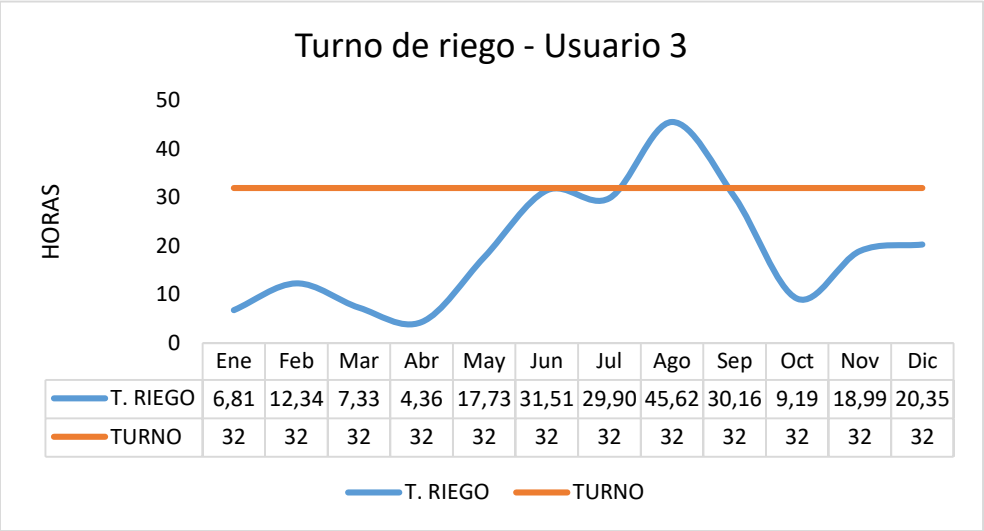
Usuario 1: Fabián Jaramillo



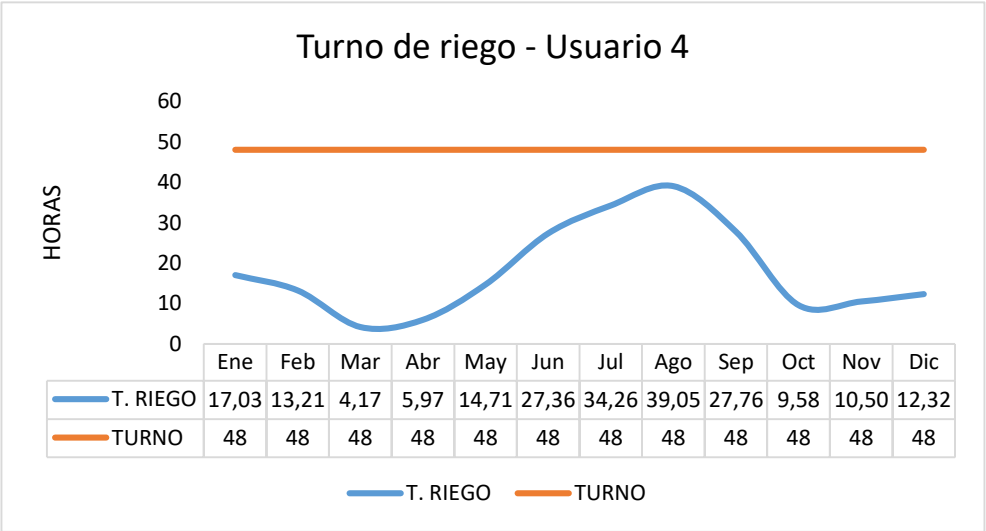
Usuario 2: Miguel Taipe



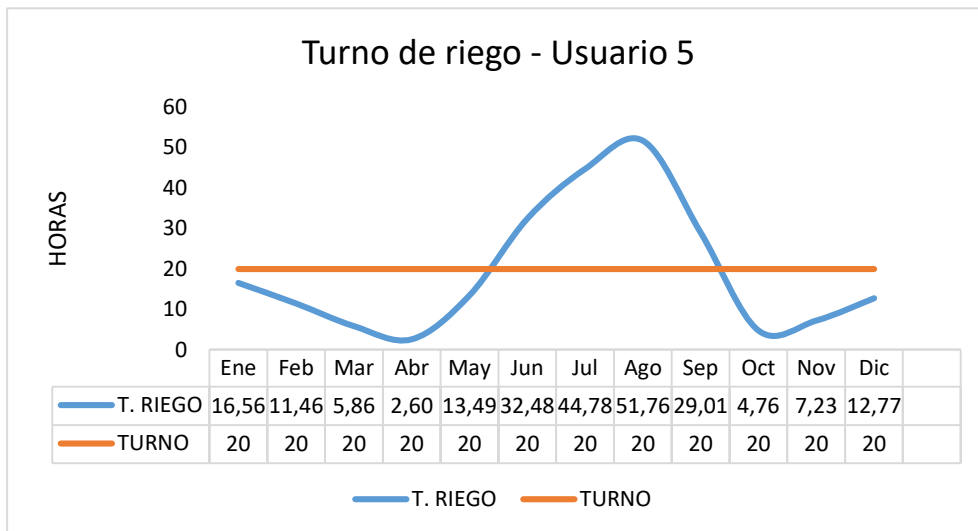
Usuario 3: Inmobiliaria Valseriana S.A



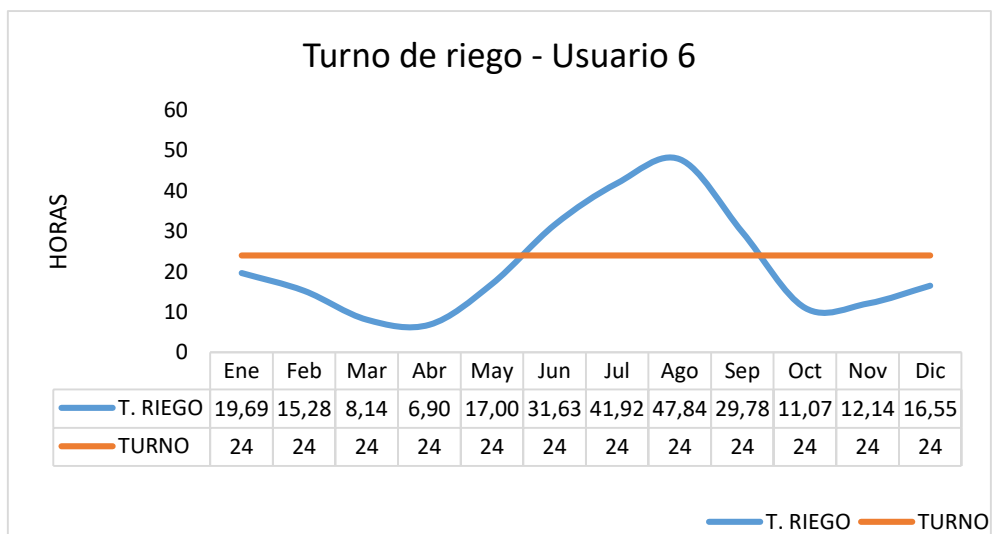
Usuario 4. Collaguazo María



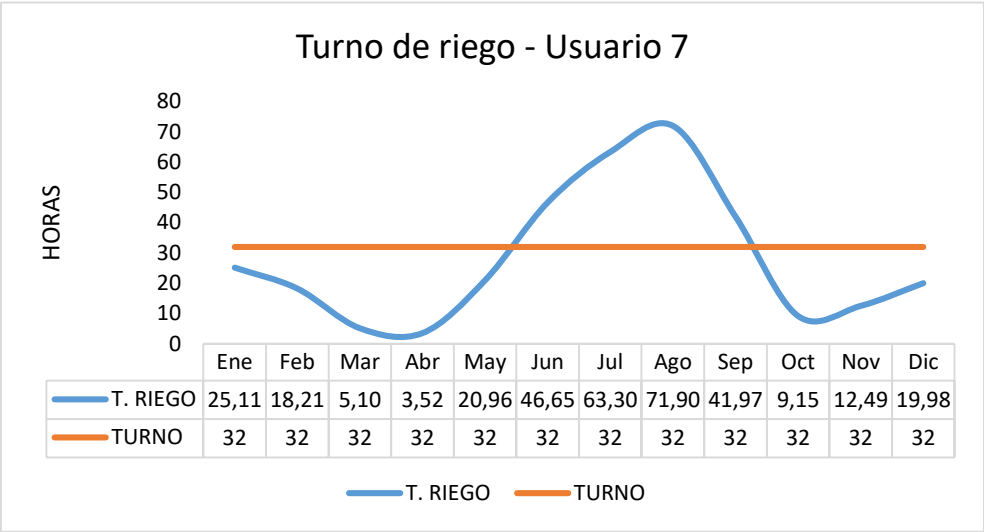
Usuario 5. José Tello



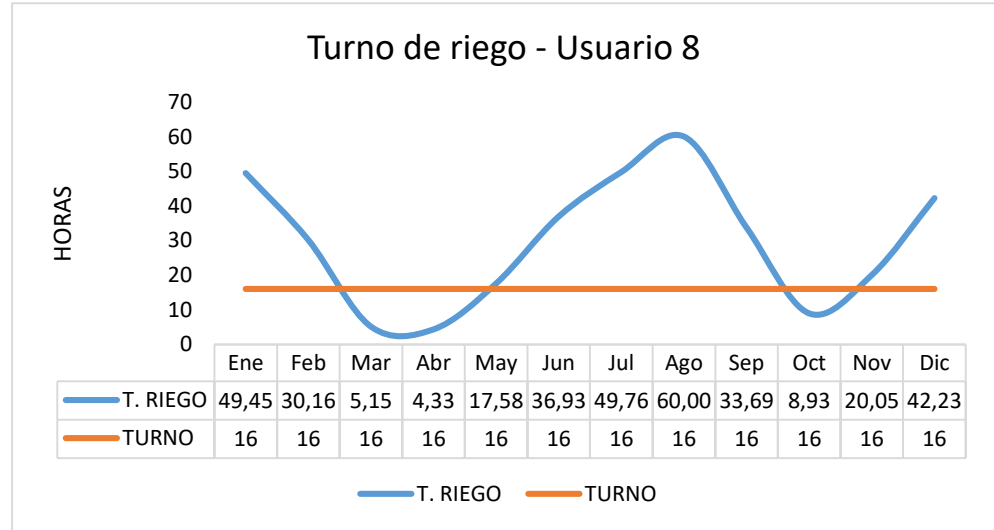
Usuario 6. Manuela Carrera



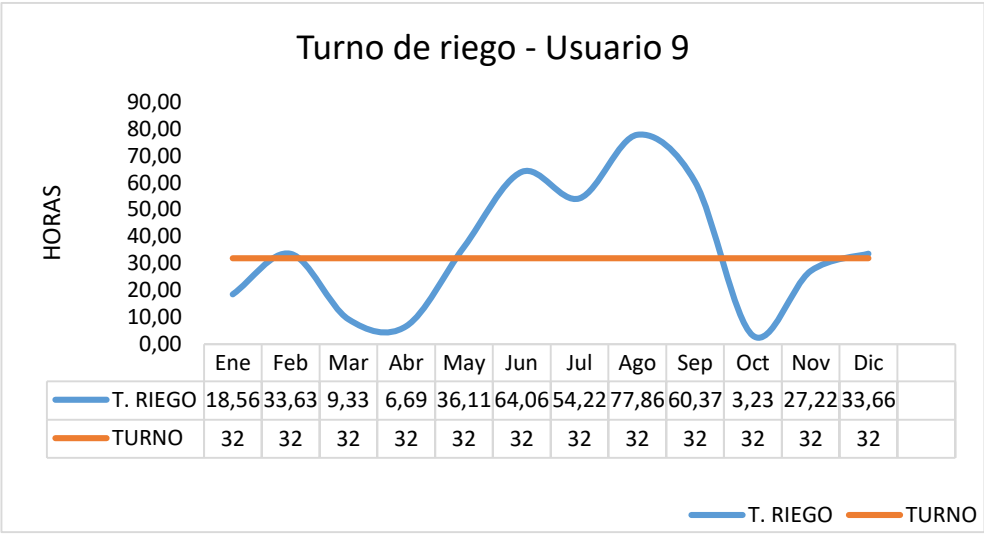
Usuario 7. Vilaña María Rosario



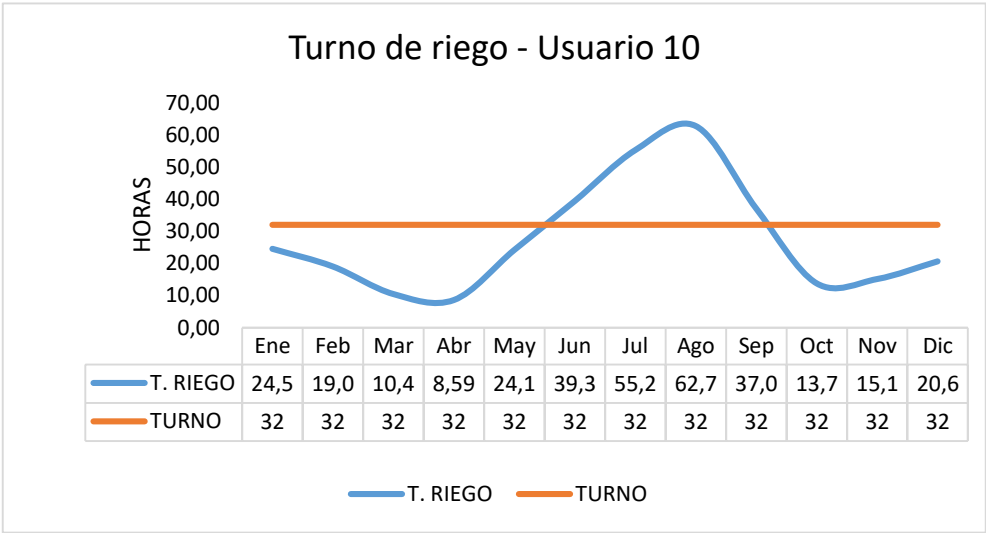
Usuario 8. Vilaña Segundo



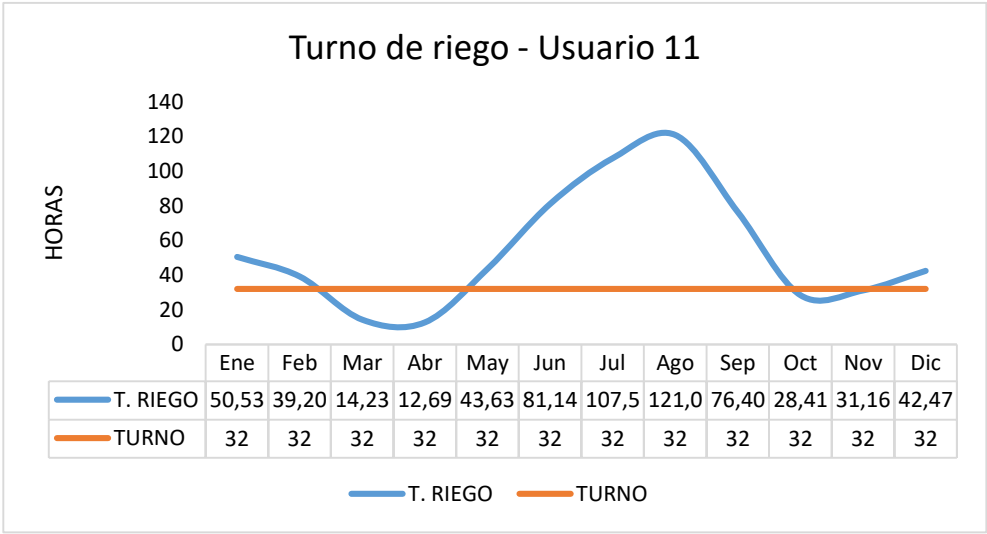
Usuario 9. Vilaña Manuela



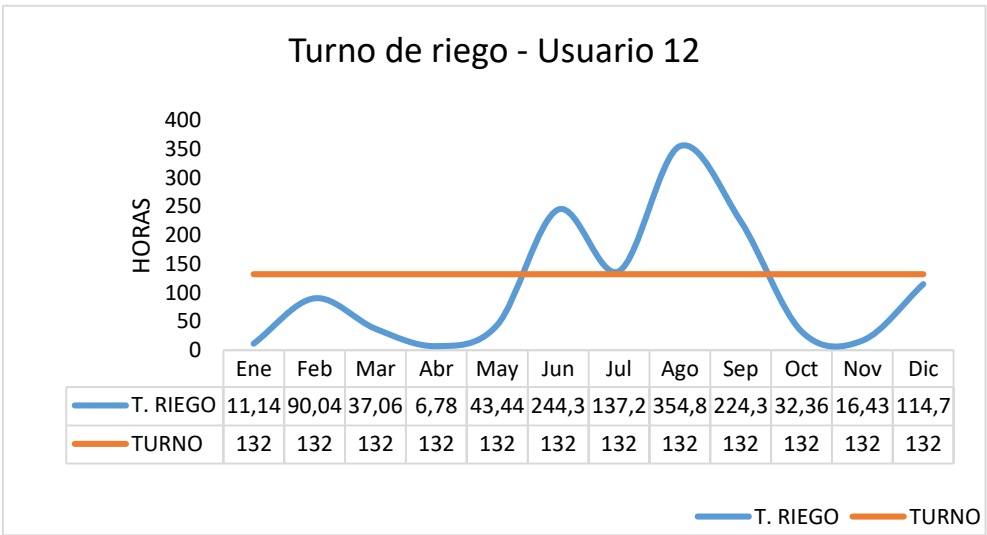
Usuario 10. Vilaña María Rosa



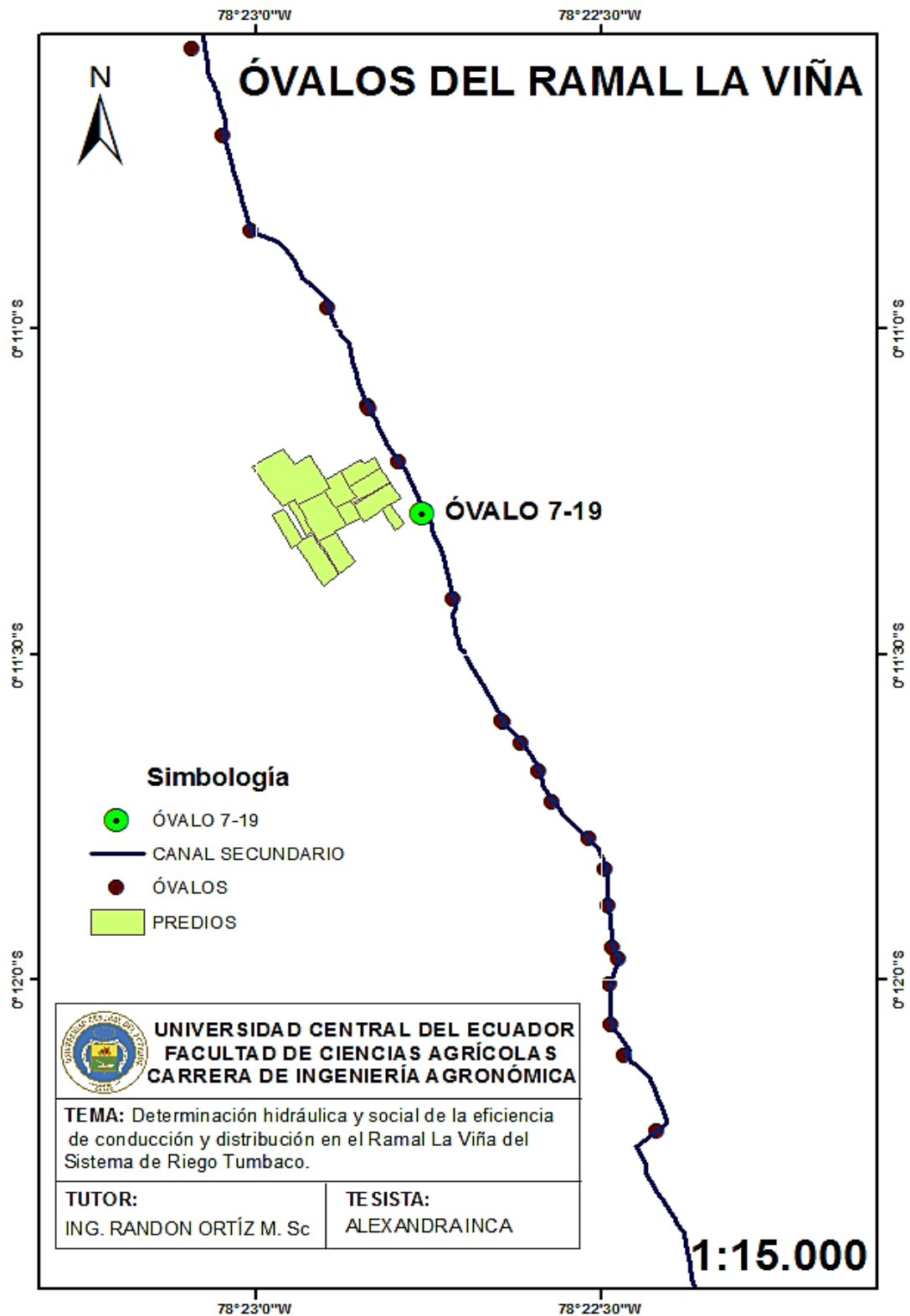
Usuario 11. Vilaña María Francisca



Usuario 12. Gustavo Hurtado



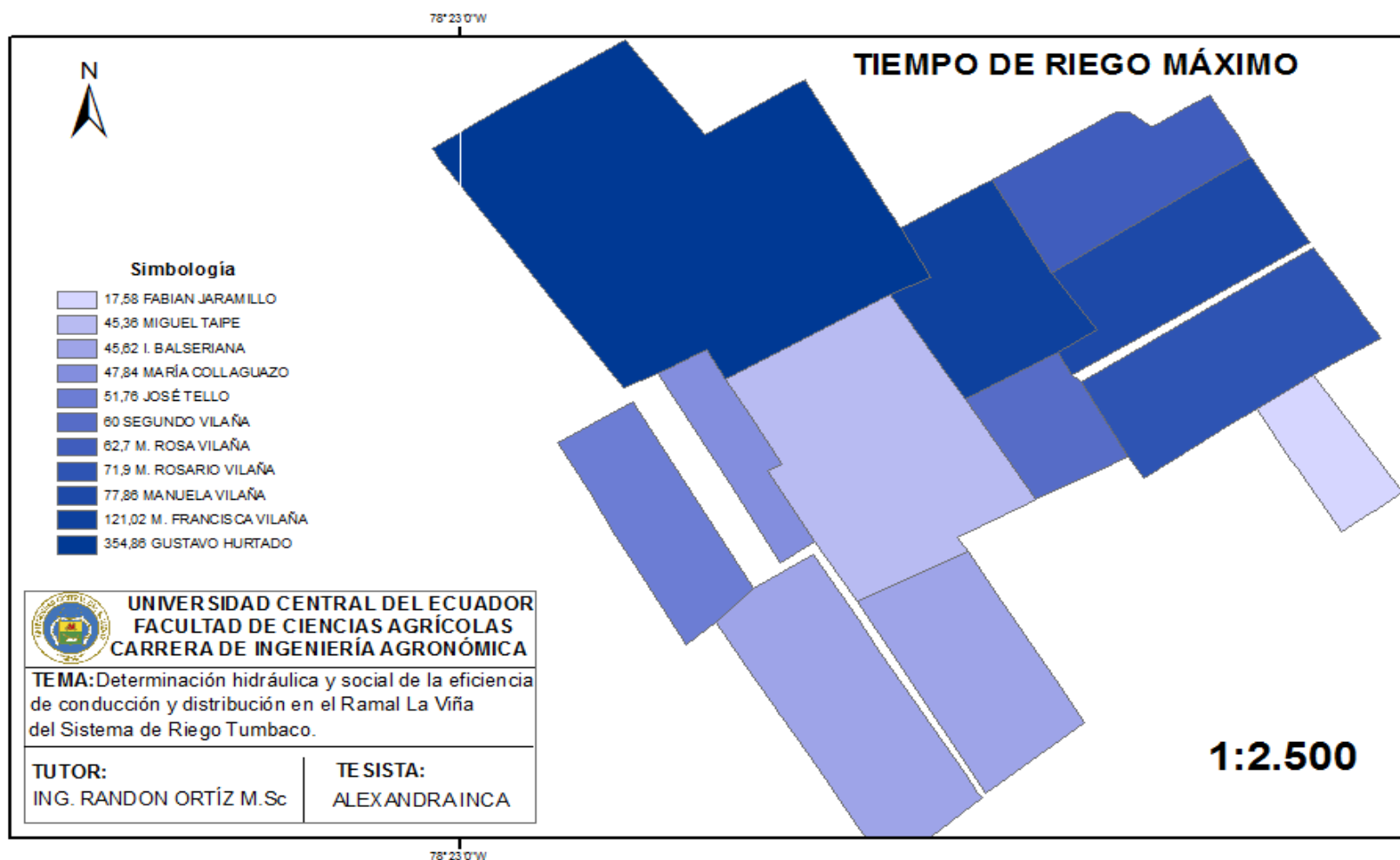
Anexo 21. Mapa de óvalos del ramal La Viña



Anexo 22. Identificación de puntos para determinar la Eficiencia de conducción



Anexo 23. Tiempo de riego máximo



Anexo 24. Reglamentos y estatutos de la JRT.

Estatuto y Reglamento de la Junta de Regantes

Según el Estatuto vigente de la Junta de Riego Tumbaco (2017) se establecen los siguientes derechos y obligaciones que tiene la JRT, usuarios y directivas de los ramales, con respecto al manejo del agua de riego.

Junta de Riego Tumbaco (JRT)

Según el Estatuto en el Art. 6, los objetivos que debe cumplir la JRT son:

- i. Contribuir y promover la eficiencia y buen uso del recurso, la conservación de la calidad de agua en el sistema previniendo su contaminación, conservar, mantener y mejorar la infraestructura de riego principal, secundario y terciario, incluidas las obras complementarias y los sistemas de medida, control y distribución del agua.
- ii. Fortalecer la Organización de la Junta General y sus vínculos con las directivas de ramales y óvalos para lograr su activa participación en la administración, operación, conservación y mantenimiento, así como en el desarrollo social y agro productivo de la población servida por el sistema de riego.
- iii. Vigilar la correcta distribución de riego, y en general, el cumplimiento de todas las normas y disposiciones, a fin de asegurar tanto la distribución equitativa del servicio a todos los beneficiarios del sistema, así como la preservación de la calidad del agua, arbitrando medidas que impidan la contaminación de las aguas y cualquier acción que atente contra la salud y cuidando que los caudales remanentes sean devueltos de manera controlada a los cauces naturales de los cursos de agua.

En el Reglamento de operación y mantenimiento del SRT se establecen las siguientes obligaciones (Junta de Riego Tumbaco, 2016)

Art.20- Poner en funcionamiento el sistema y dar servicio eficiente y permanente a todos los usuarios, respetando para ello las caudales y volúmenes establecidos así como el calendario y horarios definidos.

Art.21– Inspeccionar periódicamente y verificar que la captación, el canal principal de conducción, las instalaciones y tanques de distribución, compuertas de control de caudales, mallas de retención de sólidos y tuberías o canales primarios se encuentren en perfecto estado de funcionamiento para evitar fugas, desperdicio o contaminación del recurso.

Como parte de esta actividad se deberá medir periódicamente, al menos una vez por mes, los caudales de agua en la entrada de la captación y en el repartidor. Estas mediciones deberán ser consignadas en un cuaderno de registro que permita el monitoreo y comportamiento de los caudales durante los diversos meses del año.

Art.22- Controlar, regular y alimentar los caudales al sistema, de acuerdo a la organización y programación de la distribución general de caudales establecida por la administración, asegurando que el flujo de agua corra libre de tierra, arena, maleza desechos sólidos u otros elementos contaminantes.

Art.26- La Administración de la Junta General realizara la evaluación de los caudales del sistema, a partir de los aforos periódicos, tanto en el canal principal, como en los repartidores de los siete ramales, con propósito de proceder a incorporar los ajustes que sean técnicamente necesarios en la distribución de caudales.

Directiva del Ramal

Según el Estatuto en el **Art.33** y el reglamento **Art. 13** la Directiva del Ramal es la encargada de organizar periódicamente el mantenimiento del canal en el tramo que corresponde al ramal para asegurar un eficiente funcionamiento y colaborar activamente en trabajos del mantenimiento del canal principal (Junta de Riego Tumbaco, 2016, 2017).

Directiva del ovalo

La directiva del óvalo es encargada de organizar actividades colectivas de mantenimiento del ovalo a fin de mantener un buen funcionamiento del servicio de riego (Junta de Riego Tumbaco, 2016, 2017).

Directorio

El Directorio según el Estatuto **Art.28** está encargado de organizar el reparto equitativo del servicio de riego y aprobar los calendarios de turnos de riego sujetándose a las disposiciones y normas de las autoridades competentes del agua; así como también regular equitativamente la distribución del agua de riego en épocas de sequía o emergencia. Y organizar mingas o trabajos de mantenimiento del canal principal y cooperar con los trabajos comunitarios de mantenimiento de los Ramales y Óvalos (Junta de Riego Tumbaco, 2017).

Usuarios

Los usuarios según el Reglamento en el **Art.4** tienen la obligación de hacer buen uso del agua y mantener la acometida individual de riego en buen estado de acuerdo a las normas y diseños acordados por la Administración General del Sistema. Para este fin el diámetro de la tubería será establecido al momento de autorizar la asignación del servicio, la misma que estará en correspondencia con el caudal autorizado en función de la superficie y el uso (agrícola, ornamental, industrial) del terreno (Junta de Riego Tumbaco, 2016)