



Situación de funcionamiento hidráulico y socio-económico del Sistema de Riego y Drenaje “Manuel de J. Calle” con miras a la identificación de factores críticos que deberán ser mejorados

Situation of hydraulic and socio-economic operation of the Irrigation and Drainage System "Manuel de J. Calle" with a view to identifying critical factors that should be improved

Pesantez Maridueña, Katherine Michael; Navarrete Cornejo, Alexandra Aracely; Silva Coello, Yanire Ibeth; Flores Cadena, Cristian Andrés

Katherine Michael Pesantez Maridueña

kpesantez@uagraria.edu.ec
Universidad Agraria del Ecuador

Alexandra Aracely Navarrete Cornejo

anavarrete@uagraria.edu.ec
Universidad Agraria del Ecuador

Yanire Ibeth Silva Coello

ysilvas@uagraria.edu.ec
Universidad Agraria del Ecuador

Cristian Andrés Flores Cadena

cflores@uagraria.edu.ec
Universidad Agraria del Ecuador

Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación

CIDPRO, Ecuador
e-ISSN: 2588-1000
Periodicidad: Trimestral
Vol. 6, No. 42, 2022
editor@journalprosciences.com

Recepción: 22 Noviembre 2021

Aprobación: 08 Enero 2022

DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss42.2022pp1-18>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Cómo citar: Pesantez Maridueña, K. M., Navarrete Cornejo, A. A., Silva Coello, Y. I., & Flores Cadena, C. A. (2022). Situación de funcionamiento hidráulico y socio-económico del Sistema de Riego y Drenaje “Manuel de J. Calle” con miras a la identificación de factores críticos que deberán ser mejorados. Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación, 6(42), 1-18. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss42.2022pp1-18>

Resumen: La falta de eficiencia del Sistema de Riego de la Junta de Riego y Drenaje “Manuel de J. Calle” también ha incidido en las condiciones socio-económicas de los usuarios. El objetivo fue determinar la situación de funcionamiento hidráulico y socio-económico del Sistema de Riego y Drenaje “Manuel de J. Calle” con miras a la identificación de factores críticos. El estudio se realizó entre diciembre y marzo en el cantón La Troncal, provincia del Cañar. Se detallaron los componentes de la infraestructura hidráulica del sistema de riego y se adaptó un método de valoración para calificar la red de canales. También se calculó la eficiencia de conducción en el canal principal del sistema de riego en donde se tomó caudales en 5 tramos del mismo. Actualmente la mayor cantidad de usuarios se encuentran satisfechos y bien socio-económicamente, la infraestructura del canal principal está en buen estado en su mayoría, pero hay tramos en los que existe gran cantidad de maleza y tierra acumulada, sin embargo, la eficiencia de conducción del canal principal es de 97.45% es decir que está en buen estado.

Palabras clave: aforo, eficiencia, gestión de agua, infraestructura, riego.

Abstract: The lack of efficiency of the Irrigation System of the Irrigation and Drainage Board "Manuel de J. Calle" has also affected the socio-economic conditions of the users. The objective was to determine the situation of hydraulic and socio-economic operation of the Irrigation and Drainage System "Manuel de J. Calle" with a view to identifying critical factors. The study was carried out between December and March in La Troncal canton, Cañar province. The components of the hydraulic infrastructure of the irrigation system were detailed and a valuation method was adapted to qualify the canal network. The efficiency of conduction in the main channel of the irrigation system was also calculated, where flows were taken in 5 sections of the same. Currently the largest number of users are satisfied and well socio-economically, the infrastructure of the main canal is in good condition for the most part,

but there are sections in which there is a large amount of brush and accumulated soil, however, the driving efficiency of the main channel is 97.45% that is to say that it is in good condition.

Keywords: capacity, efficiency, water management, infrastructure, irrigation.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario regar para reponerla y que quede disponible para las plantas.

No existe un mejor método de riego que otro, sino que cada uno se ajusta a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua. En el riego, siempre se deben reducir las pérdidas de agua, haciendo un uso más eficiente de la misma.

En Ecuador la agricultura es uno de los ejes principales sobre los que se desenvuelve la economía del país, tanto en el ámbito económico como en la seguridad alimentaria. El reporte de Productividad Agrícola del Ecuador señala que esta actividad se corresponde con un promedio de 8.5% del Producto Interno Bruto (PIB), siendo el sexto sector que aporta a la producción del país (Andrade, 2017).

El sector agrícola es el que promueve parcialmente el comercio del país. Los productos agrícolas como banano, cacao, flores, café, plátano, entre otros, constituyen los artículos principales de las exportaciones del Ecuador. Si el proceso de desarrollo de la agricultura es fluido, las exportaciones aumentan y las importaciones se reducen considerablemente.

La Troncal es un cantón de Ecuador que mayoritariamente se dedica al cultivo de caña de azúcar, dando origen a uno de los ingenios azucareros más productivos del país. Su sistema hidrográfico se constituye por las subcuencas de los ríos Bulubulu y Cañar con sus afluentes. (Prefectura Cañar, 2013). Geográficamente se encuentra en la Zona occidental en las llanuras de los Andes a no más de 200 msnm. Así mismo en el piso altitudinal S Tropical, con temperaturas que oscilan entre 18 °C y 24 °C, los datos geográficos presentados ratifican la presencia de dos estaciones muy marcadas: Época lluviosa (diciembre-mayo) con una temperatura promedio de 25.3 °C, en la que se registra mayor pluviosidad; y la época seca (junio-noviembre) con una temperatura de 23.9 °C en la que se registran menores pluviosidades (Bejarano, 2012).

Debido a la necesidad de agua que los agricultores requieren para sus cultivos, dio inicio la Asociación de usuarios del Sistema de Riego “Manuel de J. Calle”, la cual actualmente se la conoce como Junta de Riego y Drenaje “Manuel de J. Calle” dicho sistema irriga alrededor de 20.000 a 25.000 hectáreas de cultivos entre ellos: caña de azúcar, cacao, banano, frutales y de ciclo corto como arroz, maíz, fréjol, etc.

Abarcando toda la zona plana del cantón La Troncal y parte del cantón El Triunfo de la provincia de Guayas; tiene como fuentes principales las cuencas hidrográficas de los ríos Cañar, Bulubulu, Patul, Los Esteros Ruidosos, Culebras, Culebritas, Ñañitas, Piedritas, Pancho Negro, Pancho Negrito, Cochancay, Río Viejo, Azul, La Envidia, Huaquillas y otros con un caudal total de 21.5 metros cúbicos por segundo, la tarifa es de \$14 por hectárea/año. Cuando un usuario sobrepasa las 100 hectáreas el costo de tarifa de agua es de \$34 por hectárea/año.

El aforo de caudales, desde la obra de toma o captación hasta el predio a regar, constituye efectivamente de manera de controlar el flujo de agua, esto en diferentes ramas y tramos de la red de canales, para conocer las eficiencias con que se está operando el sistema de riego. (Grassi, citado por Domínguez, 2016).

La eficiencia de conducción permite evaluar la pérdida de agua en el canal principal desde la bocatoma hasta el punto final del canal principal (Alva, 2017).

Existen casos en que no es factible tener cerrados las compuertas de los canales laterales de distribución L1, L2, L3,.....Ln los mismos que se consideran en la forma de cálculo de conducción (Pereira, Valero, Picornell, & Tarjuelo, 2017).

$$Ef_c = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal principal} + \sum \text{caudales de distribución}}{\text{Caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100$$

Eficiencia de distribución (Ef_d)

Se obtiene de todos los canales de distribución de 1er, 2do, 3er, etc, orden que sirven para distribuir el agua hacia las parcelas de los usuarios. Mide la pérdida que se produce entre la toma lateral del canal principal, hasta la entrega a los usuarios de una zona de riego (Mérida, 2017).

$$Ef_d = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal de distribución} + \sum \text{caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal lateral}} \times 100$$

Por lo tanto, al existir en un sistema de riego que contiene varios canales de distribución de eficiencia de ella, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Ef_d = \frac{\text{Sumatorias de eficiencia de Distribución de 1er, 2do, 3er, 4to, ... "n" orden}}{\text{Número total de canales de Distribución}}$$

La eficiencia de aplicación de riego (Ef_a) es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentajes o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados (Pupiales, 2019). El valor de la eficiencia se verá afectada por la superficie de la parcela, para lo cual tendrá una relación de proporcionalidad. Teniendo esto en cuenta se empleará la siguiente ecuación en caso de tener varias parcelas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

$$EFICIENCIA DE APLICACIÓN (Ea\%) = \frac{A_1 * Er_1 + A_2 * Er_2 + \dots + A_n * Er_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

A_n = área de parcela

E_{rn} = eficiencia de riego en parcela

METODOLOGÍA

En función de la propuesta de este estudio, éste se consideró de tipo descriptivo, dado que se realizó un levantamiento de información actualizada respecto de las condiciones socio-económicas de los productores asociados en el sistema de riego “Manuel de J. Calle”; así como de las condiciones hidráulicas de este sistema.

Este estudio tuvo como diseño un componente cualitativo, a base de encuestas a 90 de los productores asociados de donde se obtuvo información socio-económica, para cuyo efecto se utilizó un formato de encuesta estructurada en donde se valoraron los componentes de educación, vivienda, acceso a servicios básicos, área de cultivo, tipos de cultivos y manejo del sistema de riego.

El método deductivo permitió extraer información basado en un conjunto de premisas obtenidas de los agricultores, además de realizar muestreo para calcular la capacidad de campo.

Una encuesta permitió obtener información actualizada de los productores que se encuentran asociados al sistema de riego. Para ello, la encuesta se estructuró basándose en tres ítems y 15 preguntas tipo objetivas.

La encuesta estuvo dirigida a los socios que resulten del muestreo probabilístico que se realizó con la población total de productores, que, de acuerdo a los registros de la Junta de Riego y Drenaje, está integrada de 1100 socios. El tamaño de la muestra (n) se ha definió usando la expresión 1 en la cual N corresponde a la población de estudio, Z es el nivel de confianza del muestreo considerando distribución normal estándar, cuyo valor considerado es 1.96 (95% de confianza); p es la probabilidad de éxito, que en este caso se consideró un valor de 0.50 como condición crítica en el muestreo; y e es el error de muestreo, considerado para esta situación un valor del 10%. Tomando en cuenta estos parámetros se definió un tamaño de muestra de 90 socios para el levantamiento de información socio-económica.

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)N}{(N-1)e^2 + Z^2 p(1-p)} \quad (1)$$

El sistema de riego se encuentra ubicado geográficamente en el Cantón La Troncal en la provincia del Cañar entre las coordenadas: latitud sur 2°28'05" y 2°30'05" y longitud oeste 79°14'14" y 79°31'45". Una imagen del mapa hidráulico del sistema de riego, obtenida de la web. En la zona el clima tiene casi en su totalidad, un clima-monzónico con una temperatura media alrededor de 25°C y un promedio anual de lluvia de 1.660mm.

Como es típico en el territorio Nacional, se aprecian dos estaciones climáticas en la zona del sistema: la estación seca que va de junio a noviembre mayo a diciembre, con un promedio estacional de lluvia de 40 mm y la estación húmeda de enero a abril, con un promedio estacional de lluvia de alrededor 1.660mm (estimado). La humedad relativa es casi estable durante todo el año, siendo del orden del 80 a 85%. El sistema de riego cuenta con una elevación variable de 20 a 162 msnm.

El sistema de riego cuenta con un área total que supera las 30.000 hectáreas. Según la Asociación de Junta de Riego del País (AEJUR), este Sistema es considerado el más grande del País, por su diversidad de cultivos como son la caña de azúcar, cacao, banano y de ciclo corto como maíz, fréjol.

Pertencen al sistema alrededor de 1100 usuarios; estos varían en cuanto al área; comprendida entre aquellos que poseen pequeñas parcelas, de carácter minifundista, medianos productores y propietarios de extensiones que superan las 300 ha.

Se elaboró un mapa de calificación del estado de canales, para esto se manejó herramientas de SIG. Además, se conocieron las eficiencias de estos canales.

Para la determinación del estado físico de la infraestructura de riego, se adaptó un método de valoración para calificar la red de canales.

Para efectos de la evaluación de los canales principales, se determinó puntos de evaluación cada 100 metros, a lo largo del canal principal, desde el inicio hasta el final, con el fin de observar la estructura física del canal en esa ubicación y emitir una calificación de acuerdo al cuadro que se ha establecido de acuerdo a los criterios descritos.

Tabla 1. Valoración para la clasificación del estado de la red de canales

CALIFICACIÓN	% DET	CRITERIO
MUY BUENO	0 – 25	Estructura física en perfectas condiciones. Tiempo de uso no afecta su funcionamiento.
BUENO	26 – 50	Estructura física se encuentra en buen estado. Es necesario realizar mantenimiento.
REGULAR	51 – 75	Crecimiento de maleza al interior de la estructura producto de la falta de mantenimiento de la estructura. Acumulación de escombros y/o sedimentación en la base del canal a pesar de ello presta servicio dicho elemento.
MALO	76 - 100	La estructura posee grietas filtrantes tanto laterales como verticales, además se pueden apreciar inutilidad, o abandono de la obra. Fisuras en el concreto, presencia de malezas en las juntas.

Domínguez (2016)

Las condiciones críticas identificadas dentro del sistema de riego, tomando en cuenta la escala de valoración dada en la tabla 1, fueron representadas gráficamente dentro del respectivo plano del sistema de riego.

Para determinar la eficiencia primero se midieron los caudales del canal principal del sistema de riego, bajo la concepción de la ecuación de la continuidad. Para ello, se midió la velocidad de los flujos utilizando un molinete de marca OTT.

Una vez que se obtuvieron estos caudales se procedió a utilizar la metodología de la diferencia de caudales, este método estuvo basado en el aforo simultáneo entre dos secciones de un tramo del canal en estudio y las diferencias de caudal son las pérdidas por conducción. Otra variante de este método es cuando varias tomas están funcionando, en cuyo caso se aforó el caudal de entrada al tramo, el de las tomas que estén funcionando en el tramo a evaluarse, y el caudal que sale del tramo; la diferencia del caudal que entra y la suma de los caudales que salen, son las pérdidas por conducción por lo que la eficiencia se puede expresar por la fórmula:

$$Ec = \frac{Q_{ed}}{Q_{ec}} \times 100 \quad (2)$$

Ec: Eficiencia de conducción (%).

Q_{ed}: Caudal entregado a los canales de distribución (L/s).

Q_{ec}: Caudal derivado de la fuente (L/s).

Se medirá en los canales el área A (m²), el perímetro mojado P (m), el ancho superior del canal T (m); utilizando las siguientes fórmulas:

$$A = bY + ZY^2 \quad (3)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (4)$$

$$P = b + 2zy \quad (5)$$

La recopilación de la información básica para el diseño, implementación y evaluación del sistema de riego cuenta de los siguientes elementos:

- Plano topográfico
- Superficie del proyecto
- Tipo de suelo
- Disponibilidad de agua y energía

Cada uno de estos parámetros fueron determinados de acuerdo con la metodología propuesta.

La información cualitativa que se obtuvo de las 90 encuestas realizadas fueron valoradas mediante estadígrafos descriptivos, tales como las distribuciones de frecuencia y las gráficas de barra respectivas. Estos análisis se realizaron mediante Microsoft Excel.

RESULTADOS

Condiciones socio-económicas

Los datos obtenidos de las 90 encuestas realizadas a los usuarios de la Junta de Riego y Drenaje Manuel de J. Calle, se analizaron a partir de las técnicas lógicas como deducción, análisis y síntesis. El análisis de los resultados de las encuestas, se realizaron con la utilización de la técnica de estadística descriptiva estableciendo frecuencias absolutas y relativas, para cada pregunta lo que facilita la lectura, análisis e interpretación de los datos.

A partir de los datos que se obtuvieron, se procedió a una tabulación de los datos en una tabla utilizando el software Microsoft Excel 2016. Luego se realizó el análisis de los datos obtenidos de las preguntas establecidas dentro de la encuesta, por consiguiente, mostrar los datos de forma resumida mediante gráficos que muestren el porcentaje de las mismas. La encuesta sobre el sistema de riego, fue dirigida a los usuarios de la Junta de Riego y Drenaje Manuel de J. Calle, según el nivel de instrucción indica que el 52% de los usuarios encuestados ha estudiado solo la primaria, un 34% de los usuarios encuestados ha estudiado solo la secundaria, un 12% de los usuarios encuestados no tiene ningún nivel de instrucción y un 2% de los usuarios encuestados ha estudiado una carrera de nivel superior. El 78% de los usuarios encuestados posee vivienda de cemento, un 14% de los usuarios encuestados posee vivienda de madera, un 5% de los usuarios encuestados posee vivienda de caña y un 3% de los usuarios encuestados posee vivienda mixta. El 48% de los usuarios encuestados forma parte de la JRD-MJC hace un periodo de 5 a 10 años, un 36% de los usuarios encuestados forma parte de la JRD-MJC hace un periodo de 1 a 5 años, un 15% de los usuarios encuestados forma parte de la JRD-MJC hace un periodo de 10 a 15 años y el 1% de los usuarios encuestados forma parte de la JRD-MJC hace más de 20 años. El 96% de los usuarios encuestados tiene al cultivo de cacao como predominante en su finca, un 3% de los usuarios encuestados tiene al cultivo de caña de azúcar como predominante en su finca y el 1% de los usuarios encuestados tiene frutales como predominante en su finca.

El 63% de los usuarios encuestados no conocen el caudal que reciben de parte de la Junta de Riego y Drenaje Manuel de J. Calle y un 37% de los usuarios encuestados si conocen el caudal que

reciben de parte de la Junta de Riego y Drenaje Manuel de J. Calle y dijeron que el caudal que reciben es de 120 litros por segundo. El 83% de los usuarios encuestados dijeron que el caudal que reciben sí les permite regar todo su cultivo y un 17% de los usuarios encuestados dijeron que el caudal que reciben no les permite regar todo su cultivo, ya que hay lugares en donde existen más pendientes y por ende se les dificulta abastecer el agua hacia toda la finca. El 91% de los usuarios encuestados dijeron que el sistema de riego que utilizan actualmente es el riego por gravedad o inundación y un 9% de los usuarios encuestados dijeron que sistema de riego que utilizan actualmente es el riego por aspersión. El 100% de los usuarios encuestados dijeron que sí se programan los turnos para la entrega del agua hacia cada una de sus fincas. El 91% de los usuarios encuestados dijeron que el costo de la tarifa que pagan actualmente a la junta de riego por hectárea al año es de \$28 cuando se utiliza el agua para realizar riego por gravedad y el 9% de los usuarios encuestados dijeron que el costo de la tarifa que pagan actualmente a la junta de riego por hectárea al año es de \$14 cuando se utiliza el agua para realizar riego por aspersión. Pero cuando un usuario sobrepasa las 100 hectáreas el costo por hectárea al año es de \$34.

En cuanto a los componentes de riego debe existir un eficiente manejo y operación de un sistema de riego se requiere de un buen mantenimiento, además de la conservación de las obras que lo componen como son: captaciones, canales de riego, canales de drenaje, vías y otros. Por tal motivo la evaluación del sistema empezó con un recorrido por el canal principal de riego en el mes de enero, haciendo una evaluación del estado físico de deterioro del mismo.

Los resultados del presente estudio con respecto al estado físico actual de los canales de riego, que fueron calificados en base a la tabla de Valoración para la calificación del estado de red de canales.

Evaluación física del canal principal

En la altura del Recinto Zhucay circula el Río Cañar el cual se encarga de abastecer agua hacia la captación A y la captación B, estas dos captaciones se juntan formando un canal el cual se encarga de dirigir el agua hacia un vaso desarenador que tiene como función hacer que todo el sedimento de asiente en la base, para luego ser retirado con maquinaria y tiene una longitud de 386.53 metros.

Luego este vaso desarenador donde desemboca el agua formando el canal principal el cual tiene una longitud de 4603.25 metros los cuales se encuentran revestidos, las dimensiones de la sección del canal varían en su recorrido, y cuenta con 11 derivaciones las cuales de distribuyen hacia las fincas de los usuarios, con respecto a su estado físico se determinó de acuerdo a la tabla de calificación que existe un 47% de deterioro en su infraestructura, esto quiere decir que la estructura física se encuentra en buen estado razón por el cual es necesario realizar mantenimiento preventivo y correctivo (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Evaluación física del canal principal

Derivación	% Deterioro	Estado
S1- S2	33	Bueno
S3- S4	23	Muy bueno
S5- S6	45	Bueno
S7- S8	51	Regular
S9- S10	52	Regular
S11	77	Malo
TOTAL	47	Bueno

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación física de la derivación S-1 y S-2

Desde el inicio del canal principal, la primera derivación S-1 y la segunda derivación S-2 las cuales se encuentran en las coordenadas 685328 9722350 y 685096 9723042 y tiene una longitud de 802.26 metros los cuales se encuentran revestidos, de acuerdo a la evaluación el 33% se encuentra en estado de deterioro, (Tabla 3), concluyendo que se encuentra en buen estado, observándose el crecimiento de maleza y sedimento en el interior de la estructura debido a la falta de mantenimiento de la estructura, además de la acumulación de basura y palos en el canal y es necesario realizar un mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 3. Evaluación física de la derivación S-1 y S-2

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
	X	Y	Z		
1	685147	9722897	195 m	35	Bueno
2	685138	9722911	189 m	40	Bueno
3	685142	9722912	166 m	25	Muy bueno
4	685120	9722954	166 m	40	Bueno
5	685104	9723992	166 m	30	Bueno
6	685096	9723042	166 m	25	Muy bueno
Promedio Evaluación de la derivación S-1 Y S-2				33	Bueno

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación física de la derivación S-3 y S-4

La derivación S-3 y la derivación S-4 se encuentran en las coordenadas 685092 9723092 y 685216 9723404 y tienen una longitud de 415.88 metros los cuales se encuentran revestidos, de acuerdo a la evaluación el 23% se encuentra en estado de deterioro, concluyendo que se encuentra en muy buen estado, sin embargo, se observa el crecimiento de maleza en el interior de la estructura debido a la falta de mantenimiento de la estructura y se recomienda realizar mantenimiento.

Tabla 4. Evaluación física de la derivación S-3 y S-4

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
	X	Y	Z		
1	685092	9723092	166 m	25	Muy bueno
2	685082	9723174	166 m	20	Muy bueno
3	685080	9723234	166 m	25	Muy bueno
4	685102	9723296	166 m	15	Muy bueno
5	685138	9723336	167 m	20	Muy bueno
6	685177	9723370	166 m	30	Bueno
7	685197	9723388	166 m	25	Muy bueno
8	685216	9723404	166 m	20	Muy bueno
Promedio Evaluación de la derivación S-3 Y S-4				23	Muy bueno

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación física de la derivación S-5 y S-6

La derivación S-5 y la derivación S-6 se encuentran en las coordenadas 685233 9723418 y 685913 9724044 y tienen una longitud de 915.53 metros los cuales se encuentran revestidos, de acuerdo a la evaluación el 45% se encuentra en estado de deterioro, (Tabla 5), concluyendo que se encuentra en buen estado, observándose el crecimiento de maleza en el interior de la estructura debido a la falta de mantenimiento de la estructura, además de la acumulación de sedimentación en la base del canal y es necesario realizar un mantenimiento preventivo.

Tabla 5. Evaluación física de la derivación S-5 y S-6

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
	X	Y	Z		
1	685233	9723418	167 m	25	Muy bueno
2	685271	9723447	204 m	40	Bueno
3	685488	9723698	200 m	55	Regular
4	685526	9723741	197 m	30	Bueno
5	685657	9723892	166 m	55	Regular
6	685691	9723924	167 m	40	Bueno
7	685721	9723946	167 m	45	Bueno
8	685764	9723968	163 m	40	Bueno
9	685826	9723998	168 m	50	Bueno
10	685875	9724024	167 m	55	Regular
11	685913	9724044	168 m	55	Regular
Promedio Evaluación de la derivación S-5 Y S-6				45	Bueno

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación física de la derivación S-7 y S-8

La derivación S-7 y la derivación S-8 se encuentran en las coordenadas 685917 9724046 y 686761 9724342 y tienen una longitud de 911.61 metros los cuales se encuentran revestidos, de acuerdo a la evaluación el 51% se encuentra en estado de deterioro, (Tabla 6), concluyendo que se encuentra en regular estado, es necesario realizar mantenimiento preventivo para retirar la maleza existente en el borde del canal así mismo la acumulación de sedimento y basura que se encuentra en la base del canal.

Tabla 6. Evaluación física de la derivación S-7 y S-8

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
	X	Y	Z		
1	685917	9724046	168 m	55	Regular
2	685976	9724076	168 m	45	Bueno
3	686052	9724114	169 m	50	Bueno
4	686093	9724132	170 m	40	Bueno
5	686095	9724139	170 m	65	Regular
6	686134	9724140	170 m	55	Regular
7	686177	9724150	170 m	40	Bueno
8	686235	9724162	169 m	45	Bueno

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
9	686293	9724176	169 m	55	Regular
10	686363	9724204	169 m	60	Regular
11	686438	9724232	169 m	65	Regular
12	686544	9724270	169 m	50	Bueno
13	686671	9724316	169 m	40	Bueno
14	686726	9724338	168 m	55	Regular
15	686761	9724342	169 m	45	Bueno
Promedio Evaluación de la derivación S-7 Y S-8				51	Regular

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación física de la derivación S-9 y S-10

La derivación S-9 y la derivación S-10 se encuentran en las coordenadas 686133 9724143 y 686849 9724317 y tienen una longitud de 91.54 metros los cuales se encuentran revestidos, de acuerdo a la evaluación el 52% se encuentra en estado de deterioro, (Tabla 7), concluyendo que se encuentra en regular estado, es necesario realizar mantenimiento para retirar la gran cantidad de maleza y sedimento que existe en el canal.

Tabla 7. Evaluación física de la derivación S-9 y S-10

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
	X	Y	Z		
1	686133	9724143	189 m	55	Regular
2	686233	9724161	185 m	60	Regular
3	686295	9724176	200 m	45	Bueno
4	686513	9724261	189 m	40	Bueno
5	686690	9724321	186 m	50	Bueno
6	686759	9724342	186 m	55	Regular
7	686787	9724333	195 m	60	Regular
8	686849	9724317	174 m	50	Bueno
Promedio Evaluación de la derivación S-9 Y S-10				52	Regular

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación física de la derivación S-11

La derivación S-11 se encuentra en las coordenadas 687004 9724350 y 687867 9725204 y tienen una longitud de 1466.43 metros los cuales se encuentran revestidos, de acuerdo a la evaluación el 77% se encuentra en estado de deterioro, (Tabla 8), concluyendo que se encuentra en Mal estado, es necesario realizar mantenimiento y revestimiento correctivo.

Tabla 8. Evaluación física de la derivación S-11

Punto de Evaluación	Coordenadas UTM WGS84			% Deterioro	Estado
	17S				
	X	Y	Z		
1	687004	9724350	190 m	75	Regular
2	687129	9724376	197 m	70	Regular
3	687178	9724399	189 m	80	Malo
4	687235	972445	188 m	75	Regular
5	687378	9724559	187 m	70	Regular
6	687486	9724575	195 m	75	Regular
7	687513	9724589	210 m	80	Malo
8	687554	9724640	191 m	90	Malo
9	687573	9724735	198 m	75	Regular
10	687628	9724885	192 m	70	Regular
11	687699	9725030	191 m	80	Malo
12	687779	9725094	151 m	90	Malo
13	687811	9725134	181 m	70	Regular
14	687867	9725204	185 m	80	Malo
Promedio Evaluación de la derivación S-11				77	Malo

Fuente: Pesántez (2021)

Evaluación de la eficiencia de conducción del canal principal del sistema de riego

La eficiencia de conducción se determinó en el canal principal del sistema de riego de la Junta de Riego y Drenaje Manuel de J. Calle, para ello fue necesario tomar datos de características técnicas del canal; el aforo de caudales se tomaron en 5 tramos del canal principal, los resultados obtenidos fueron que el canal principal tiene una eficiencia de conducción del 95.66 %, con el propósito de obtener una eficiencia de conducción total del sistema de riego se promediaron los datos de las 5 velocidades tomadas en el canal.

Tabla 9. Eficiencia de conducción total del canal principal

CANAL	EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN (%)
TRAMO A	89.55
TRAMO B	99.19
TRAMO C	95.93
TRAMO D	97.98
PROMEDIO	95.66

Fuente: Pesántez (2021)

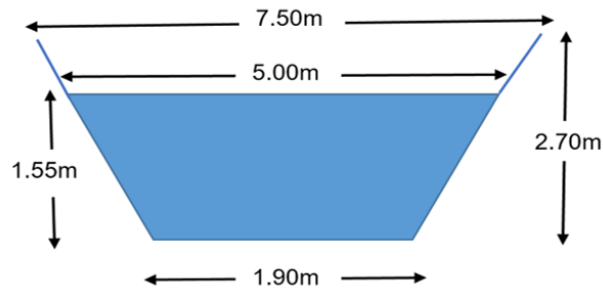
Datos del primer aforo de caudal

Tabla 10. Datos de la primera toma de caudal

Profundidad a 0.60 cm	Profundidad a 1.20 cm
0.743 m/s	0.773 m/s
0.738 m/s	0.825 m/s
0.578 m/s	0.613 m/s

Fuente: Pesántez (2021)

Sección (Área):



$$A = \frac{B + b}{2}$$

$$A = \frac{5.0m + 1.90m}{2} * 1.55m = 5.347 m^2$$

Velocidad (V):

$$V = \frac{0.743 + 0.738 + 0.578 + 0.773 + 0.825 + 0.613}{6} = 0.712 \frac{m}{s}$$

Caudal (Q):

$$Q = A * V$$

$$Q = 5.347 m^2 * 0.712 \frac{m}{s} = 3.807 \frac{m^3}{s}$$

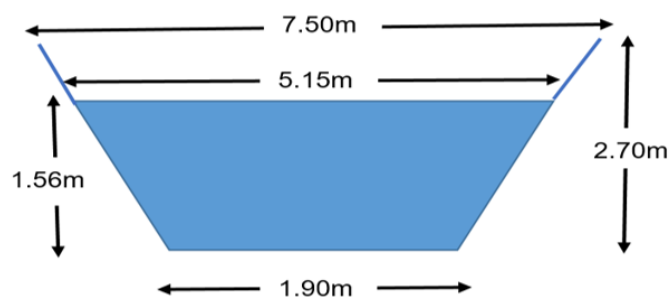
Datos del segundo aforo de caudal

Tabla 11. Datos de la segunda toma de caudal

Profundidad a 0.60 cm	Profundidad a 1.20 cm
0.627 m/s	0.569 m/s
0.547 m/s	0.680 m/s
0.600 m/s	0.698 m/s

Fuente: Pesántez (2021)

Sección (Área):



$$A = \frac{B+b}{2}$$

$$A = \frac{5.15m + 1.90m}{2} * 1.56m = 7.632 m^2$$

Velocidad (V):

$$V = \frac{0.627 + 0.547 + 0.600 + 0.569 + 0.680 + 0.698}{6} = 0.520 \frac{m}{s}$$

Caudal (Q):

$$Q = A * V$$

$$Q = 7.632 m^2 * 0.520 \frac{m}{s} = 3.969 \frac{m^3}{s}$$

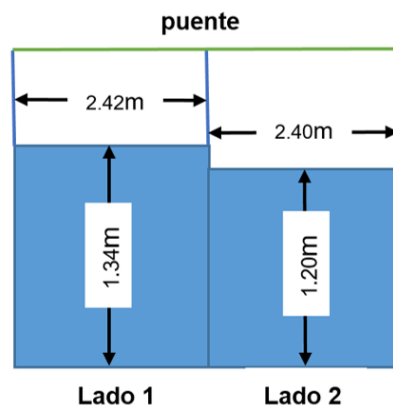
Datos del tercer aforo de caudal

Tabla 12. Datos de la tercera toma de caudal

Profundidad a 0.50 cm		Profundidad a 0.80 cm	
Lado A (1)	Lado B (2)	Lado A (1)	Lado B (2)
0.315 m/s	0.801 m/s	0.475 m/s	0.840 m/s
0.685 m/s	0.595 m/s	0.752 m/s	0.680 m/s

Fuente: Pesántez (2021)

Sección (Área):



$$A = b_1 h_1 + b_2 h_2$$

$$A = 2.42m * 1.38m + 2.40m * 1.35m$$

$$A = 3.339m + 3.240m = 6.579 m^2$$

Velocidad (V):

$$V = \frac{0.315 + 0.685 + 0.801 + 0.595 + 0.475 + 0.752 + 0.840 + 0.680}{8} = 0.643 \frac{m}{s}$$

Caudal (Q):

$$Q = A * V$$

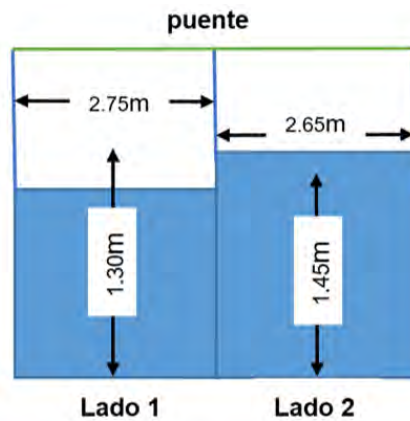
$$Q = 6.579 \text{ m}^2 * 0.643 = 4.230 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Datos del cuarto aforo de caudal

Tabla 13. Datos de la cuarta toma de caudal

Profundidad a 0.60 cm		Profundidad a 100 cm	
Lado A	Lado B	Lado A	Lado B
0.436 m/s	0.587 m/s	0.423 m/s	0.643 m/s
0.483 m/s	0.639 m/s	0.547 m/s	0.616 m/s

Fuente: Pesántez (2021)



Sección (Área):

$$A = b1 h1 + b2 h2$$

$$A = 2.75\text{m} * 1.30\text{m} + 2.65\text{m} * 1.45\text{m}$$

$$A = 3.575\text{m} + 2.843\text{m} = 7.418 \text{ m}^2$$

Velocidad (V):

$$V = \frac{0.436 + 0.483 + 0.587 + 0.639 + 0.423 + 0.547 + 0.643 + 0.616}{8} = 0.547 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal (Q):

$$Q = A * V$$

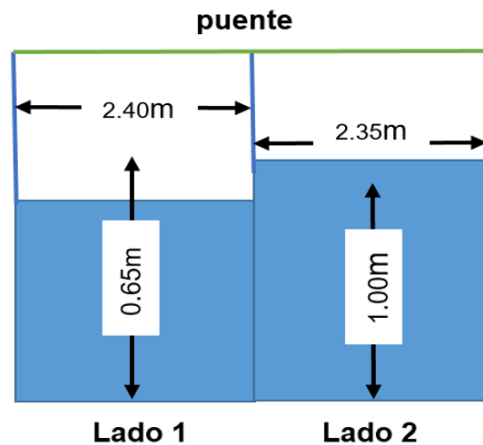
$$Q = 7.418 \text{ m}^2 * 0.547 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4.058 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Datos del quinto aforo de caudal

Tabla 14. Datos de la quinta toma de caudal

Profundidad a 0.25 cm		Profundidad a 0,45 cm	
Lado A	Lado B	Lado A	Lado B
1.211 m/s	0.944 m/s	1.254 m/s	1.142 m/s
0.967 m/s	0.592 m/s	1.153 m/s	0.873 m/s

Fuente: Pesántez (2021)



Sección (Área):

$$A = b_1 h_1 + b_2 h_2$$

$$A = 2.40m * 0.65m + 2.35m * 1m$$

$$A = 1.56m + 2.35m = 3.91 m^2$$

Velocidad (V):

$$V = \frac{1.211 + 0.967 + 0.944 + 0.592 + 1.254 + 1.153 + 1.142 + 0.873}{8} = 1.017 \frac{m}{s}$$

Caudal (Q):

$$Q = A * V$$

$$Q = 3.91 m^2 * 1.017 \frac{m}{s} = 3.976 \frac{m^3}{s}$$

Cálculo de la eficiencia de conducción total en el canal principal

$$EC_A = \frac{Q_2}{Q_1} * 100$$

$$EC_A = \frac{3.409 \frac{m^3}{s}}{3.807 \frac{m^3}{s}} * 100 = 89.546 \frac{m^3}{s}$$

$$EC_B = \frac{Q_3}{Q_2} * 100$$

$$EC_A = \frac{3.937 \frac{m^3}{s}}{3.969 \frac{m^3}{s}} * 100 = 99.194 \frac{m^3}{s}$$

$$EC_C = \frac{Q_4}{Q_3} * 100$$

$$EC_A = \frac{4.058 \frac{m^3}{s}}{4.230 \frac{m^3}{s}} * 100 = 95.934 \frac{m^3}{s}$$

$$EC_D = \frac{Q_5}{Q_4} * 100$$

$$EC_A = \frac{3.976 \frac{m^3}{s}}{4.058 \frac{m^3}{s}} * 100 = 97.979 \frac{m^3}{s}$$

$$EC = \frac{89.546 \frac{m^3}{s} + 99.194 \frac{m^3}{s} + 95.934 \frac{m^3}{s} + 97.979 \frac{m^3}{s}}{4} = 95.663 \frac{m^3}{s}$$

DISCUSIÓN

Ante los resultados obtenidos en este proyecto se muestra, que efectivamente hubo una variación con respecto a la hipótesis planteada en esta investigación.

Se coincide con el criterio de (Villacís K. 2018), quien menciona que el estado de conservación de las obras de infraestructura de un sistema de riego influye directamente en la operación del mismo, cuando su estado no es el adecuado traerá como consecuencia problemas para la conducción del agua, su distribución y posterior reparto a los usuarios del sistema de riego.

Se comparte criterio de (Mérida H.2017), quien menciona que los canales revestidos en un sistema de riego presentan una serie de ventajas con respecto a los que se encuentran en tierra, el revestimiento reduce drásticamente el crecimiento de malezas en los taludes y solera del canal, su sección hidráulica es más pequeña, las pérdidas por infiltración son mucho menores.

Se comparte criterio con (Martínez A. 2019), quien menciona que el riego es un factor esencial en el desarrollo de los cultivos agrícolas, sobre todo en las regiones donde la lluvia no cubre sus necesidades hídricas, el método de riego superficial, la más antigua forma de regar, sigue siendo hoy el más utilizado, incluso en los países desarrollados. Sin embargo, actualmente el agua es considerada como el “oro azul” debido a los problemas por escasez del recurso.

CONCLUSIONES

Luego de realizar el análisis de las metodologías planteadas y logrando alcanzar los objetivos se concluye:

- Se establecieron las condiciones socio-económicas de los usuarios del Sistema de Riego en donde se realizó una encuesta a 90 usuarios, los resultados se pueden observar en los gráficos y muestran que en su mayoría los usuarios se encuentran bien socio-económicamente.
- Como segundo punto se detallaron los componentes de la infraestructura hidráulica en el canal principal del sistema de riego, el mismo que cuenta con 11 derivaciones las cuales se encargan de distribuir el agua hacia las fincas de los usuarios, con respecto a su estado físico se lo determinó de acuerdo a la tabla de calificación que existe un 47% de deterioro en su infraestructura, esto quiere decir que la estructura física se encuentra en buen estado, razón por el cual es necesario realizar mantenimiento preventivo y correctivo.
- Por último, de acuerdo a las velocidades tomadas en 5 tramos del canal principal se procedió a calcular área, velocidad, caudal y por último la eficiencia de conducción de cada uno de los tramos tomados y dio como resultado 97.45% es decir que actualmente el canal cuenta con una buena eficiencia de conducción la cual si abastece a sus usuarios.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en la presente tesis se pone a consideración las siguientes recomendaciones:

- Que los usuarios que logren tecnificar sus sistemas de riego para que así este sea mucho más eficiente en lugares en donde existe pendiente más alta y sea aprovechado por todos los usuarios y de esta manera minimizar la infiltración, optimizando el recurso hídrico.

- La reparación de fisuras y grietas debido a la falta de mantenimiento, y en los tramos en donde existe gran cantidad de maleza y los sedimentos acumulados en el margen del canal y otros tramos en donde existe una gran cantidad de tierra y piedras acumulados en la base del canal.
- A los usuarios seguir formando parte de la Junta de Riego y Drenaje “Manuel de J. Calle” y a su vez se recomienda la nivelación de suelos para el tipo de riego que aplican, con esta labor se podrá incrementar la eficiencia a nivel parcelas, ya que con los estudios realizados se observó que cuenta con una buena eficiencia de conducción en el canal principal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricultureros. (25 de Febrero de 2015). Particularidades del Riego por Aspersión. Obtenido de Agricultureros: <http://agricultureros.com/particularidades-del-riego-por-aspersion/>
- Alemán, B., & Fonseca, Y. (2015). Diseño de un Sistema de Riego. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería .
- Alva, C. (2017). Diseño del Sistema de Conducción de Agua para Riego al Canal Llacahuan-Distrito de Otuzco-Provincia de Utuzco-La Libertad. Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Andrade, N. (2017). La Importancia de la Agricultura en nuestro país. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Angella, G., Salgado, R., & Prieto, D. (2017). Riego, Eficiencias, Pérdidas y Reales Posibilidades de Mejorar el Uso Agrícola del Agua. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Bejarano, C. (14 de Mayo de 2012). Historia de La Troncal. Obtenido de Turismo La Troncal: <http://turismolatroncal.blogspot.com/p/historia-de-la-troncal.html>
- Buitrón, S. (2014). Metodología y modelo para movimientos en masa (Deslizamientos, Derrumbes, Caída, Flujo y Reptación) utilizando técnicas de SIG y Teledetección. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Buzai, G. (2014). Sistema de Información Geográfica (SIG) Teoría y Aplicación. Argentina: Universidad Nacional de Luján.
- Cajamarca, R. (2017). Estudio del Balance Hídrico Superficial de las Cuencas Hidrográficas, Sector Jadán y Zhidmad en el área de Interceptación con el Bosque y Vegetación Protectora Aguarango (BVPA). Cuenca: Universidad Técnica Salesiana-Sede Cuenca.
- Cañizares, S., Guaricela, A., Lascano, M., Medina, M., Moncayo, P., & Zalamea, M. (2016). Gestión Comunitaria del Agua: Junta Administradora de Agua Potable Regional de Zhidmad. IURIS, 1(15), pp. 162-166.
- Cenicaña. (06 de Abril de 2015). Riego por surcos. Obtenido de Cenicaña: <https://www.cenicana.org/riego-por-surcos/>
- Cisneros, E. (2014). Evaluación y propuesta de medidas en diferentes técnicas de riego por aspersión para un uso eficiente del agua. Revista Ingeniería Agrícola. ISSN 2326-1545, 1(4), pp. 22-28.
- CLIRSEN. (2007). Sistemas de Información Geográfica. Guayaquil: Programa de Manejo de Recursos Costeros.
- Constitución del Ecuador. (12 de Mayo de 2015). Medio Ambiente. Obtenido de <http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/medio-ambiente/eia/2015/2015-abril/ESTUDIO-DE-IMPACTO-AMBIENTAL-afecor.pdf>
- Delgado, S., Trujillo, J., & Torres, M. (2017). Gestión del Agua en Comunidades Rurales; caso de estudio Cuenca del Río Guayuriba, Meta-Colombia. Luna Azul. ISSN 1909-2474, 1(45), pp. 59-70.
- Domínguez, W. (2016). Eficiencia de la red de canales del sistema de riego y drenaje San Jacinto, Cantón Colimes, Provincia del Guayas, Ecuador. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador.

- Escobar, C., & Farfán, K. (2018). Diseño de un Sistema de Riego para la Implementación de Cultivos Automatizados en el Recinto Playa Seca del Cantón El Triunfo. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Flores, J. P. (23 de Diciembre de 2012). Procesos de Pérdida de Infiltración, La Infiltración. Obtenido de Bjalmonite: https://bjalmonite.files.wordpress.com/2012/12/semana-6_upload1.pdf
- Franco, V. (2018). Evaluación de la Eficiencia del Método de Riego por Goteo. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- García, F. (2018). Ingeniería de Software. España: Universidad de Salamanca.
- García, J. C. (2016). Sistemas de Producción Agropecuarios. Argentina: Universidad Nacional de Rosario.