



# **UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

## **II PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

---

**“UN ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION EN CANALES DE  
IRRIGACION PARA ZONAS ALTOANDINAS CASO: TURUCO, DEL  
DISTRITO DE BELLAVISTA, PROVINCIA DE JAÉN- CAJAMARCA”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:  
BACH. GERALDINE CIEZA ZAMUDIO**

**ASESOR:  
Dr. LUIS ARMANDO TOLEDO CASANOVA**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**



# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

## II PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

"UN ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION EN CANALES DE  
IRRIGACION PARA ZONAS ALTOANDINAS CASO: TURUCO, DEL  
DISTRITO DE BELLAVISTA, PROVINCIA DE JAÉN- CAJAMARCA"

### TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

BACH. GERALDINE CIEZA ZAMUDIO

APROBADO POR:

M.Sc. JORGE CUMPA REYES

PRESIDENTE

ING. GERARDO SANTANA VERA

SECRETARIO

Dr. LUIS ARMANDO TOLEDO CASANOVA

ASESOR

## DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer, por ello con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico en primer lugar a DIOS.

De igual forma dedico esta tesis a mis padres Armando y Teresa que sin ellos no hubiera logrado una meta más en mi vida profesional, por estar a mi lado brindándome su amor y apoyo incondicional.

Y a mi familia en general por estar siempre conmigo apoyándome, motivándome y sobre todo compartiendo conmigo buenos y malos momentos.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado vida, salud y fortaleza para lograr alcanzar una de mis metas en mi vida profesional.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y por la confianza depositada en mí.

A mi asesor el ING LUIS ARMANDO TOLEDO CASANOVA por el desinteresado apoyo, dedicación permanente y tiempo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Mi agradecimiento a todos los docentes de la facultad de Ingeniería Agrícola por haberme transmitido sus conocimientos, sus logros, sus experiencias y sobre todo sus ganas de ser mejores cada día tanto en el ámbito personal como profesional.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación titulado: ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION EN CANALES DE IRRIGACION PARA ZONAS ALTOANDINAS CASO: TURUCO, DEL DISTRITO DE BELLAVISTA, PROVINCIA DE JAÉN- CAJAMARCA; ha determinado la eficiencia de conducción de dicho canal de riego que presenta las siguientes características: Caudal 0.64 m<sup>3</sup>/s, pendiente 1 o/oo, espesor revestimiento e=7.5cm ,tipo de sección trapezoidal (5,381.41 m), trapezoidal cubierto ( 211.00 m), rectangular(173.99 m) rectangular cubierto (76.60 m) , fue mejorado hace aproximadamente 10 años.

La metodología utilizada fue la revisión de Información Bibliográfica con la finalidad de analizar los criterios y factores que influyen en la eficiencia de conducción del canal de irrigación en zonas Altoandinas, además de evaluar todas las fallas existentes del canal; grietas, roturas y juntas en mal estado , debido que la mayoría de canales en el país presentan diversos problemas, a pesar de haber tenido una buena asesoría en su fase de diseño, ejecución de obras u operación terminan en un periodo corto, deteriorándose y resultando insuficientes; esto provocaría que no se logre cambios que permitan incrementar la producción y productividad agrícola.

El resultado de la investigación muestra que el canal de irrigación Turuco-bellavista, tiene una eficiencia de conducción 80% calificada como una eficiencia de conducción baja; y el canal presenta grietas, roturas y juntas en mal estado en regular cantidad, lo cual permite pérdidas de agua significativas.

**Palabras claves:** Eficiencia, conducción, canal de riego, producción, agrícola, análisis.

## **ABSTRAC**

In the present work of investigation titled: ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF DRIVING IN IRRIGATION CHANNELS FOR ALTOANDINAS ZONES CASE: TURUCO, OF THE DISTRICT OF BELLAVISTA, PROVINCE OF JAÉN-CAJAMARCA; has determined the conduction efficiency of said irrigation channel that has the following characteristics: Flow rate  $0.64 \text{ m}^3 / \text{s}$ , slope  $1 \text{ o} / \text{oo}$ , thickness coating  $e = 7.5\text{cm}$ , type of trapezoidal section (5,381.41 m), covered trapezoidal (211.00 m ), rectangular (173.99 m) rectangular covered (76.60 m), was improved approximately 10 years ago.

The methodology used was the revision of Bibliographic Information with the purpose of analyzing the criteria and factors that influence the efficiency of driving the irrigation channel in High Andean areas, besides evaluating all the existing faults of the channel; cracks, breaks and joints in poor condition, due to the fact that most of the channels in the country present various problems, despite having had good advice in the design, execution of works or operation phase, ending in a short period, deteriorating and resulting insufficient; this would cause that changes are not achieved that allow to increase agricultural production and productivity.

The result of the research shows that the Turuco-bellavista irrigation canal has an 80% rated driving efficiency as a low driving efficiency; and the channel presents cracks, breaks and joints in poor condition in regular quantity, which allows significant water losses.

**Keywords:** Efficiency, driving, irrigation channel, production, agricultural, analysis.

## INDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRAC.....	6
I.- INTRODUCCIÓN.....	10
II.- MATERIALES Y MÉTODOS:.....	12
<b>4.1.- OBJETIVOS</b> .....	12
4.1.1.-OBJETIVO GENERAL: .....	12
4.1.2.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>4.2.-ANTECEDENTES:</b> .....	12
4.2.1.-ANTECEDENTES INTERNACIONALES: .....	12
4.2.2.-ANTECEDENTES NACIONALES:.....	13
4.2.3.-ANTECEDENTES LOCALES:.....	13
<b>4.3.-MARCO TEORICO:</b> .....	14
4.3.1.- HIDROLOGIA:.....	14
4.3.1.1.- EL CICLO HIDROLÓGICO: .....	14
4.3.2.- CANALES DE RIEGO: .....	16
4.3.2.1.-CLASIFICACION DE LOS CANALES DE IRRIGACIÓN: .....	17
4.3.3.-REVESTIMIENTO EN CANALES:.....	17
4.3.3.1.-TIPOS DE REVESTIMIENTO DE CANALES: .....	18
4.3.3.2.-ELECCIÓN DEL TIPO DE REVESTIMIENTO Y PROCESO CONSTRUCTIVO:.....	21
4.3.3.3.- CRITERIOS DE ESPESOR DE REVESTIMIENTO:.....	22
4.3.3.4.-CANALES DE REVESTIMIENTO DE CONCRETO SIMPLE:.....	23
4.3.3.5.-VENTAJAS QUE OFRECE EL REVESTIMIENTO DE CANALES: .....	24
4.3.3.6.-CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS REVESTIMIENTOS DE CANALES: .....	27
4.3.4.-CRITERIOS DE DISEÑO DE CANALES: .....	27
4.3.4.1.- TRAZO DE CANALES: .....	27
4.3.4.2.- RADIOS MÍNIMOS EN CANALES:.....	28
4.3.4.3.- ELEMENTOS DE UNA CURVA: .....	30
4.3.4.4.- RASANTE DE UN CANAL: .....	31
4.3.4.5.-SECCION HIDRÁULICA OPTIMA: .....	33
4.3.4.6.-DISEÑO DE SECCIONES HIDRÁULICAS:.....	35
4.3.4.7.-VELOCIDAD MÍNIMA: .....	37
4.3.4.8.-VELOCIDAD MAXIMA: .....	37

4.3.4.9.-VELOCIDAD SUPERFICIAL:.....	38
4.3.4.10.-VELOCIDAD MEDIA: .....	38
4.3.4.11.-TALUDES: .....	39
4.3.4.12.-BORDE LIBRE: .....	39
4.3.4.13.-EFICIENCIA DE CONDUCCION: .....	40
4.3.4.14.- MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION: .....	46
4.3.4.15.- VALORES DE EFICIENCIA DE CONDUCCION DE CANALES: .....	47
4.3.4.16.- CAUDAL:.....	47
4.3.4.17.- DEFORMACIONES: GRIETAS, ROTURAS Y FISURAS: .....	48
4.3.4.18.- DAÑOS EN CANALES: .....	48
4.3.5.- EVALUACIÓN DEL ESTADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO: .....	58
4.3.6.- NORMATIVIDAD EN GASTOS DE DISEÑO EN CONDUCCIONES PARA AGUA DE RIEGO: .....	59
4.3.7.- ESTUDIO DEL CASO: .....	61
III.- RESULTADOS:.....	67
IV.- DISCUSIÓN: .....	68
V.- CONCLUSIONES: .....	69
VI.- RECOMENDACIONES: .....	70
VII.- BIBLIOGRAFÍA.....	71
VIII.- ANEXOS.....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Representación esquemática del sistema global del ciclo hidrológico .....	15
<b>FIGURA 2:</b> Ejemplo de revestimiento de mampostería de piedra .....	18
<b>FIGURA 3:</b> Ejemplo de revestimiento con concreto. ....	19
<b>FIGURA 4:</b> Ejemplo de canal revestido. ....	22
<b>FIGURA 5:</b> Elementos de una curva .....	30
<b>FIGURA 6:</b> Sección típica de un canal .....	32
<b>FIGURA 7:</b> borde libre .....	39
<b>FIGURA 8:</b> Representación gráfica del BL.....	41
<b>FIGURA 9:</b> Canal de riego revestido.....	46
<b>FIGURA 10:</b> Obstrucciones de canales .....	49
<b>FIGURA 11:</b> Agrietamiento en canales.....	50
<b>FIGURA 12:</b> Rotura de canales .....	51
<b>FIGURA 13:</b> Capacidad hidráulica insuficiente de canales .....	53
<b>FIGURA 14:</b> Canal con acción erosiva del flujo de agua u otro tipo de agentes como el viento. ....	56
<b>FIGURA 15:</b> canal dañado por causa de la vegetación. ....	57
<b>FIGURA 16:</b> canal de la irrigación "Turuco - Bellavista": .....	73
<b>FIGURA 17:</b> Director Ejecutivo del PEJSIB, Representante de la Junta de Usuarios de Jaén y Beneficiarios del Canal Turuco - Bellavista realizaron Inspección del Canal: .....	73
<b>FIGURA 18:</b> El representante de la Junta de Usuarios de Jaén, Director Ejecutivo y el equipo técnico de profesionales .....	74
<b>FIGURA 19:</b> Mejoramiento del canal Turuco -Bellavista .....	74
<b>FIGURA 20:</b> Mapa de la provincia de Jaén.....	75
<b>FIGURA 21:</b> Principales ríos, quebradas y lagunas. ....	75
<b>FIGURA 22:</b> Caseta de bombeo "Irrigación Turuco-Bellavista" .....	76
<b>FIGURA 23:</b> Inspección de campo del proyecto "Irrigación Turuco-Bellavista" .....	76
<b>FIGURA 24:</b> Inspección de campo KM 0+500 del proyecto "Irrigación Turuco-Bellavista" .....	77
<b>FIGURA 25:</b> Inspección de campo KM 1+500 del proyecto "Irrigación Turuco-Bellavista" se encuentra lleno de vegetación. ....	77
<b>FIGURA 26:</b> Proyecto especial "Irrigación Turuco-Bellavista" .....	78
<b>FIGURA 27:</b> Proyecto especial "Irrigación Turuco-Bellavista", en algunos tramos del canal se encuentran sin mantenimiento y llenos de vegetación.....	78
<b>FIGURA 28:</b> Proyecto especial "Irrigación Turuco-Bellavista", tramos del canal con estructura deteriorada.....	79
<b>FIGURA 29:</b> Mapa resumen del Proyecto "Irrigación Turuco-Bellavista" .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Radio mínimo en función al caudal .....	29
<b>TABLA 2:</b> Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	29
<b>TABLA 3:</b> Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua.....	30
<b>TABLA 4:</b> Relación plantilla vs tirante para, máximo eficiente, mínima infiltración y el promedio de ambas .....	34
<b>TABLA 5:</b> Valores de rugosidad "n" de Manning.....	36
<b>TABLA 6:</b> Taludes apropiados para distintos tipos de material .....	37
<b>TABLA 7:</b> Máxima velocidad permitida en canales no recubiertos de vegetación .....	38
<b>TABLA 8:</b> Taludes apropiados para distintos tipos de material .....	39
<b>TABLA 9:</b> Borde libre en función del canal .....	40
<b>TABLA 10:</b> Borde libre en función de la plantilla del canal .....	40
<b>TABLA 11:</b> Vías de acceso al proyecto "Turuco-Bellavista" .....	63

## **I.- INTRODUCCIÓN**

El conocimiento de la eficiencia de conducción es de importancia tanto para la operación de la red de riego, que asegure la equidad en la distribución; para la planificación, la conservación y el mejoramiento de la red, el establecimiento de programas de inversión, para la evaluación de las consecuencias de la infiltración del agua en los canales, en procesos de lavado de suelos, pérdidas económicas, ingreso del agua a distintos tipos de acuíferos y el efecto que en ellos produce, el ajuste de los modelos de balance de aguas superficiales y subterráneas.

Las constantes sequías, influenciadas principalmente por los efectos del cambio climático a nivel global, al cual se suma el uso ineficiente del agua de riego que es típico del sistema de riego tradicional (por gravedad), viene generando pérdidas de agua en los procesos de conducción y distribución por el mal estado y uso del canal, ocasionando por tanto mermas considerables en la productividad agrícola del país, lo cual también viene incidiendo negativamente en la rentabilidad y en la competitividad de la agricultura en el Distrito de Bellavista.

La irrigación Turuco - Bellavista que se encuentra comprendido en la parte baja del Distrito de Bellavista, la cual fue propuesta para mejorar la producción agrícola en beneficio de 280 familias; pero actualmente no ha logrado cumplir su rol de manera eficiente, en efecto enfrenta dificultades y/o problemas por falta de mantenimiento; así mismo a inicios de su operación y funcionamiento se presentó el problema del agua debido que no abastecía a toda la población beneficiaria y en épocas de lluvias sus aguas arrastran muchos sedimentos. Esta problemática es necesario analizarla y conocerla para plantear acciones correctivas si es necesario.

Este problema álgido ocurre en muchas otras irrigaciones de nuestra región altoandina, es decir los sistemas de riego no funcionan y son abandonadas en algunos casos, dado que el campesino o beneficiario no le resulta atractivo para la producción agrícola. El Distrito de Bellavista presenta diversidad geográfica y

condiciones de clima adversos (sequias, inundaciones, heladas, granizadas), que influyen en los diseños de infraestructura y uso del agua de riego.

En nuestro medio La falta de estudios respecto nivel eficiencia de conducción en canales de irrigación ha traído consigo que no se esté optimizando el uso del agua, por tal razón esta investigación busca proponer recomendaciones que permitan mejorar, el nivel eficiencia de conducción del canal de riego Turuco – Bellavista y los del área de influencia de la zona.

## **II.- MATERIALES Y MÉTODOS:**

### **4.1.- OBJETIVOS**

#### **4.1.1.-OBJETIVO GENERAL:**

- Análisis de los factores y criterios que influyen en la eficiencia de conducción de los canales de irrigación para zonas Altoandinas.

#### **4.1.2.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los factores técnicos-económicos-ambientales-sociales-normativos que influyen en la eficiencia de conducción de agua en canales alto andinos.
- Determinar los criterios que permitan lograr reducir las pérdidas de agua en el canal, para aumentar la productividad agrícola.
- Análisis del Caso: Canal de Irrigación Turuco Bellavista – Jaén – Cajamarca.

### **4.2.-ANTECEDENTES:**

#### **4.2.1.-ANTECEDENTES INTERNACIONALES:**

Según (Gustavo Satlari, 2011). Mendoza. En su trabajo determino que hay pocos estudios de eficiencia de conducción, y no cubren todos los oasis. Hay estudios específicos de Ec en el área de riego de los ríos Diamante y Atuel realizados por el CRAS. En el área irrigada con aguas del río Mendoza, evaluaron la eficiencia zonal del río Mendoza, relacionando caudales distribuidos y superficies cultivadas.

Posteriormente, para el área irrigada por el río Mendoza y Tunuyán Inferior, se hizo una evaluación de eficiencia de uso externo. En este trabajo se hace una comparación de las láminas entregadas en la cabecera de un sistema compuesto por ocho canales, en las cabeceras de los ocho canales, en las cabeceras de sus hijuelas derivadas y en las tomas de las parcelas (propiedades) a regar. Las láminas de agua entregadas al sistema, a los canales, a las hijuelas y a las

parcelas son el resultado de dividir los caudales que les son entregados por las superficies susceptibles de ser regadas en cada una de esas entidades.

Este método evalúa el manejo del agua, aspecto de suma importancia, pero justamente no permite la comparación con trabajos donde expresamente se pretende evaluar pérdidas por infiltración. Con el objeto de estimar la relación porcentual del agua que infiltra en la red de riego del río Mendoza.

#### **4.2.2-ANTECEDENTES NACIONALES:**

**Según** (Goicochea Infante, 2013). Cajamarca. Un trabajo de investigación titulado “DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA”, concluyo que determinado la eficiencia de conducción de un pequeño canal de riego, de sección trapezoidal, revestido de concreto simple y diseñado para transportar 180 l/s. los resultados de la investigación muestra que el canal de riego Huayrapongo, tiene una eficiencia de conducción de 91.40 % calificada como una eficiencia de conducción alta; y el canal presenta grietas, roturas y juntas en mal estado.

#### **4.2.3-ANTECEDENTES LOCALES:**

**Según** (Rimarachin Montenegro, 2013). Jaén. Universidad Nacional de Cajamarca. Realizó un trabajo de investigación basado en la “EVALUACION DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO CHILILIQUE JAÉN –CAJAMARCA”. En esta investigación se determinaron caudales de entrada y salida que muestran una distribución un poco uniforme teniendo como caudal de ingreso y salida máximos 0.60 m<sup>3</sup>/seg. Y 0.49 m<sup>3</sup>/seg. Respectivamente, también determinamos que el nivel eficiencia de conducción más alta es de 82.92% y la más baja de 80.38%. El nivel de eficiencia de conducción de riego del agua del canal es Chililique deficiente esto se debe al recubrimiento pobre de canal, deterioro de juntas, fa presencia de grietas, fisuras y la falta de mantenimiento, ya que la eficiencia de conducción del canal como resultado de la investigación es de 81 ,80%.

### **4.3.-MARCO TEORICO:**

#### **4.3.1.- HIDROLOGIA:**

La Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos. (Villon Bejar, 2002)

Este proporciona al ingeniero o hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño, la planeación y la operación de estructuras hidráulicas.

**Como se cita en** (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006) la hidrología es “La ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es decir, es la geo ciencia que describe y predice:

- ✚ Las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global.
- ✚ El movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria”.

En hidrología, se acostumbra a utilizar el llamado ciclo hidrológico para describir el origen, movimiento y la distribución del agua en la superficie de la tierra. Este enfoque explica en términos cualitativos los distintos fenómenos y procesos que intervienen en el problema, aun cuando constituye necesariamente, una visión simplista y limitada.

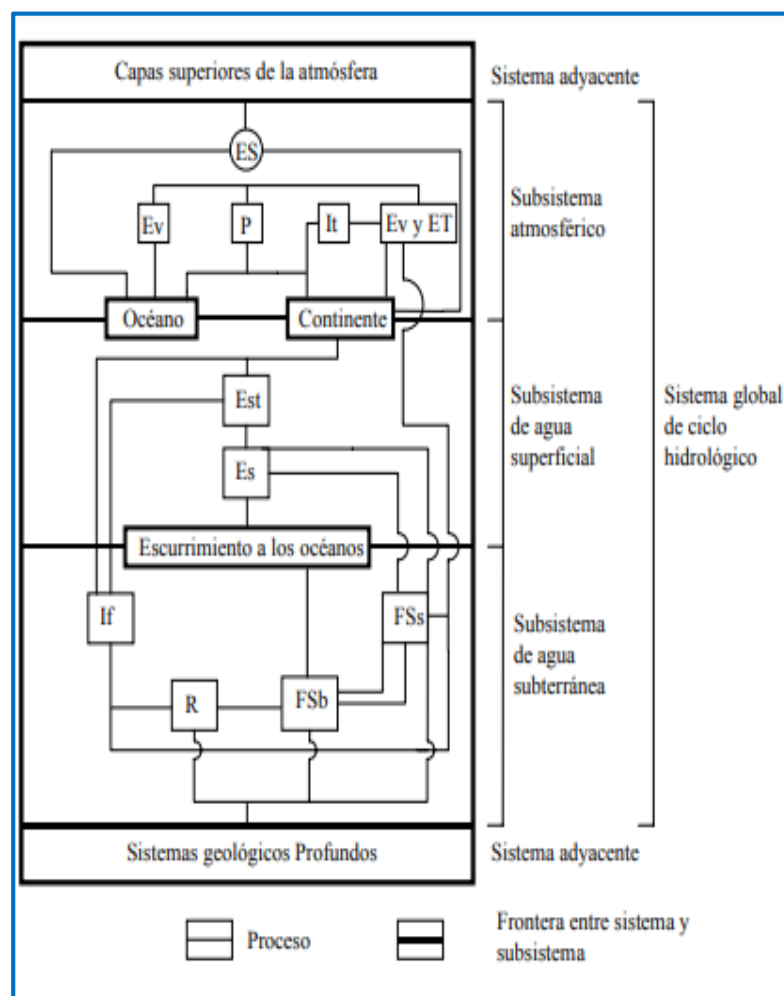
##### **4.3.1.1.- EL CICLO HIDROLÓGICO:**

El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. (SENAMHI, 2011)

El ciclo hidrológico es fundamental para entender los procesos que suceden en la tierra. Requiere conocimientos multidisciplinarios. Se puede representar como

un sistema, es decir, como una estructura o volumen en el espacio, delimitada por una frontera, cuyos componentes internos interactúan entre sí o con otros sistemas adyacentes. (Bateman, 2007)

Los componentes del sistema serán las variables hidrológicas y los procesos que las relacionan entre sí; los sistemas adyacentes serán aquellos que tienen como límites comunes las capas altas de la atmósfera y los sistemas geológicos profundos.



**FIGURA 1: Representación esquemática del sistema global del ciclo hidrológico**

**Los componentes del ciclo hidrológico representado en la figura 1 son:**

ES: Energía solar de los estratos superiores de la atmósfera

Ev: Evaporación

ET: Evapotranspiración

It: Intercepción

P: Precipitación

Est: Escurrimiento superficial sobre el terreno

Es: Escurrimiento superficial

If: Infiltración

FSs: Flujo subsuperficial

R: Recarga

FSb: Flujo subterráneo

Los valores volumétricos estimados para diferentes elementos o componentes del ciclo hidrológico se presentan.

**4.3.2.- CANALES DE RIEGO:**

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyo) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos, pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías). (Villon Bejar, 2007)

- **Canalización:** por canalización se entiende el acto o hecho de encauzar por medio de obras artificiales el cauce natural de un curso de agua. Las finalidades de una canalización pueden ser múltiples; delimitar el cauce, proteger las márgenes contra erosiones o inundaciones, recuperar terrenos, etc.



#### **4.3.2.1.-CLASIFICACION DE LOS CANALES DE IRRIGACIÓN:**

Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones:

- **Canal de primer orden:** Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos.
- **Canal de segundo orden:** Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub - laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.
- **Canal de tercer orden:** Llamados también sub -laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub - lateral se conoce como unidad de rotación. (ANA, 2010)

**Nota:** De lo anterior deducimos que varias unidades de rotación constituyen una unidad de riego, y varias unidades de riego constituyen un sistema de riego, este sistema adopta el nombre o codificación del canal madre o de primer orden.

#### **4.3.3.-REVESTIMIENTO EN CANALES:**

El riego es la aplicación artificial del agua a la tierra o suelo. Se utiliza para contribuir al crecimiento de los cultivos agrícolas, al mantenimiento de los paisajes, a la reforestación de suelos desestabilizados en zonas secas y durante periodos de escasez de lluvias.

El recubrimiento es una capa resistente de hormigón que protege el lecho del canal y sus lados con el fin de que tenga la resistencia suficiente para resistir la presión del agua. (Rivera Panimboza, S/A)

#### 4.3.3.1.-TIPOS DE REVESTIMIENTO DE CANALES:

Los revestimientos más frecuentes o más usados son:

**A) REVESTIMIENTO CON MAMPOSTERÍA:** La mampostería constituye un excelente revestimiento de los canales. Los recubrimientos de mampostería (piedra, ladrillo, bloques, etc.) se pueden utilizar cuando estos materiales abundan y la mano de obra es económica y recomendable. Los de piedra pueden construirse juntando con mortero o simplemente acomodándola (zampeado).

Se utilizan piedras bien lavadas, sin materia orgánica, unidas con mortero de cemento con mezcla 1:4. El espesor mínimo recomendado es de 0.2m. Una variante a este método, es la utilización de pizarras, en bloques grandes, que colocadas como locatones, se puede aceptar el espesor de la pizarra, como espesor del revestimiento que puede ser de 5 a 10 cms. El talud mínimo recomendado es de 1/4:1, tampoco es necesario encofrado y utilizando 70% de piedras del volumen de mampostería se utiliza 2.75 bolsas/m<sup>3</sup> bolsas cuando se hace un buen emboquillado de las piedras. (Rivera Panimboza, S/A)



**FIGURA 2: Ejemplo de revestimiento de mampostería de piedra**

## **B) REVESTIMIENTO CON CONCRETO:**

- Los revestimientos de concreto con refuerzo se utilizan cuando el canal se construye en sitios cuyos cambios de temperatura son extremos y hay fluctuaciones frecuentes de gasto.
- El acero de refuerzo sirve para evitar el agrietamiento del concreto como resultado de dichos cambios de temperatura y para controlar las grietas y con ello las filtraciones.
- La sección del acero de refuerzo en dirección longitudinal es del 0.1 al 0.4% y en la dirección transversal del 0.1 a 0.2 %, representa una parte importante del costo total y a veces posible suprimirlo mediante las juntas de construcción.
- El revestimiento de concreto, si bien implica un costo inicial elevado, presenta a su vez múltiples ventajas, puesto que es muy duradero, los costos de conservación son mínimas y su capacidad aumenta a causa de que la superficie es relativamente lisa. (Rivera Panimboza, S/A)



**FIGURA 3: Ejemplo de revestimiento con concreto.**

### **C) REVESTIMIENTO CON MORTERO:**

Los revestimientos de mortero a base de pistola de cemento se usan en canales pequeños, pero el procedimiento deja la superficie rugosa que debe ser terminada a mano si se desea una de primera clase. Además, son más propensos a fallas de presión hidrostática. El espesor no es mayor de 5 cm en taludes firmes. El cemento se mezcla con arena previamente cernida a través de la malla N° 4 de 4.76 mm de abertura, en proporción 1:3 a 1:4. para revestir acequias, canales se emplea el mortero de cemento portland aplicado por medios neumáticos. (Rivera Panimboza, S/A)

### **D) REVESTIMIENTO CON CONCRETO ASFALTICO:**

El concreto asfaltico es una mezcla de arena, grava, cemento y asfalto, realizada a temperaturas de 160 ° C o más, según el tipo de asfalto. Los recubrimientos a base de concreto asfaltico tienen algunas ventajas por su flexibilidad y resistencia a la erosión, si bien falla por intemperismo. Los espesores varían de 6.5 a 10 cm dependiendo del tamaño del canal. El asfalto se mezcla con arena o con arena y grava en proporción de 6 a 11 % en peso y se le agrega después el material fino (70% menor que la abertura de la malla N° 200). (Rivera Panimboza, S/A)

### **E) CONCRETO VACIADO INSITU:**

Se usa cuando los taludes (H/V) son 1:1 o más inclinados. En estos casos con mezcla algo seca se vacía primero sobre la base y luego sobre los taludes y se iguala mediante un frotachado. En este tipo de revestimiento con mezcla 1:2:4, se obtienen buenos resultados con espesores de 7 a 12 cms., de acuerdo al dimensionamiento del canal. La ventaja de este sistema es que no se necesita encofrado, pero es necesario que la sección del canal o caja de canal haya sido cuidadosamente trabajada o perfilada, para lograr uniformidad en el espesor del concreto vaciado. Es necesario juntas de dilatación cada 3 a 6 metros rellenas con juntas asfálticas. (Chiclote Aquino, 2017)

## **F) CANAL CON LOZAS PREFABRICADAS:**

Para cumplir los mismos objetivos que, en el caso anterior, pero en canales con taludes más parados, se utiliza locetones prefabricados de 5 cms. de espesor para los lados o taludes del canal, el fondo del piso o base del canal se rellena con concreto vaciado insitu de 10 cms. de espesor. Igualmente se colocan bermas de concreto de 20 cms. de ancho y 10 cms. de espesor, para dar mayor estabilidad a los locetones.

El vaciado y los locetones se hacen de concreto 1:2:4 con aprox. 7.2 bolsas de cemento/m<sup>3</sup>. Los locetones se fabrican normalmente fuera de obra y luego son trasladados en volquetas a la obra. La dimensión máxima aconsejable es de 0.6m x 0.8 m con un peso de 60 kg., para ser manejadas por 2 hombres. De acuerdo a las medidas del canal, éste loceton se puede usar parado o inclinado. Las juntas entre locetones se hacen con mortero con mezcla 1:4 y al igual que en el caso anterior se usa juntas de dilatación cada 3 a 6 metros. (Chiclote Aquino, 2017)

### **4.3.3.2.-ELECCIÓN DEL TIPO DE REVESTIMIENTO Y PROCESO CONSTRUCTIVO:**

Cuando los suelos que atraviesa el alineamiento del canal son impermeables, no será necesario ningún tipo de revestimiento, y si por algún motivo tiene velocidades excesivas, esto se anula con la construcción de rápidas o caídas. En caso el revestimiento se haga necesario, por filtraciones que signifique pérdida no deseada de agua o peligro de estabilidad de taludes o bermas, sobre todo en suelos limosos, donde por tubificación, puede causar la destrucción de la berma exterior, el método de revestimiento estará en función de las condiciones siguientes:

- Disponibilidad de piedras y arena u hormigón.
- Talud del canal.
- Eficiencia de la mano de obra
- Costos.

**NOTA:** Donde abundan piedras, podrá pensarse en mampostería, caso contrario concreto. Si se tiene taludes inclinados se preferirá vaciado in situ o locetones. En canales rectangulares será concreto ciclópeo con encofrado. En relación a la mano de obra el campesino está más familiarizado con la mampostería.



**FIGURA 4: Ejemplo de canal revestido.**

#### **4.3.3.3.- CRITERIOS DE ESPESOR DE REVESTIMIENTO:**

Según (Rivera Panimboza, S/A). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. En su trabajo señala que no existe una regla general para definir los espesores del revestimiento de concreto, sin embargo, según la experiencia acumulada en la construcción de canales en el país se puede usar un espesor de 5 a 7.7 cm para canales pequeños y medianos y 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre que estos se diseñen sin armadura.

En el caso particular que se quiera proyectar un revestimiento con geomembrana, se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Para canales pequeños se debe usar geomembrana de PVC y para canales grandes geomembrana de polietileno- HDP.
- ✓ Los espesores de la geomembrana, varían entre 1 a 1.5 mm
- ✓ Si el canal se ubica en zonas en donde puede ser vigilado permanentemente, por lo tanto, no puede ser afectada la membrana.

- ✓ El grupo social a servir tiene que ser capacitado para el manejo de dicho tipo de revestimiento.
- ✓ Características y cuidado en la actividad de operación y mantenimiento.
- ✓ También se puede usar asociada la geomembrana con un revestimiento de concreto; la geomembrana actúa como elemento impermeabilizante (el concreto se deteriora con las bajas temperaturas) y el concreto como elemento de protección, sobre todo cuando se trata de obras ubicadas por encima de los 4, 000 m.s.n.m. o zonas desoladas.

#### **4.3.3.4.-CANALES DE REVESTIMIENTO DE CONCRETO SIMPLE:**

Los canales de revestimiento con concreto simple se encuentran recubiertas sus secciones del canal antes perfilado, de acuerdo a su geometría. Este tipo de revestimiento puede instalarse usando encofrados normales (madera) o modernos (metálicos), además de materiales como cemento, agregados, asfalto, entre otros; con los cual se obtiene un canal estable y con mínimas pérdidas de agua durante toda su vida operativa. (Chicote Aquino, 2017)

- Consiste en colocar una capa de concreto de  $f'c:175\text{kg/cm}^2$ , al piso y paredes laterales del canal, formando un espesor uniforme y acabado y pulido.
- Nivelar el acabado al espesor que determine la cercha.
- En canales revestidos de concreto el talud típico es 1:5:1.
- En canales más pequeños, hasta de  $2\text{m}^3/\text{s}$  de capacidad, suele adoptarse el talud 1:1 valores menores necesitan del uso de moldes y seguramente el revestimiento debe resistir el empuje lateral de los suelos.
- El talud definitivo solo se obtiene a partir de las propiedades mecánicas del material.

#### **4.3.3.5.-VENTAJAS QUE OFRECE EL REVESTIMIENTO DE CANALES:**

El revestimiento de canales, como está ampliamente demostrado por la experiencia, reduce o elimina las pérdidas por infiltración, dependiendo de la materialidad de éste, además de ofrecer otras importantes ventajas como se indican a continuación: (Chicote Aquino, 2017)

##### **A. PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN:**

La variación de las velocidades en canales sin revestimiento produce sedimentación de materiales extraños y desprendimientos en los taludes. Estos fenómenos son más notables en zonas de suelos granulares que, por su menor cohesión, son fácilmente disgregables, lo que provocan modificaciones de la sección transversal, e incluso cambios en los perfiles longitudinales del canal.

El revestimiento de los canales permite adoptar velocidades de escurrimiento más elevadas y radios de curvas horizontales menores, lo que se traduce en longitudes y secciones menores, así como taludes más empinados que en los canales sin revestir. (Rimarachin Montenegro, 2013)

##### **B. IMPOSIBILIDAD DE ROTURAS:**

Como consecuencia de socavaciones provocadas por erosión, embancamientos por perturbaciones debidas a vegetación o sedimentación de materiales de arrastre, acción de animales cavadores u otras causas diversas, en los canales no revestidos pueden producirse roturas cuyas consecuencias pueden llegar a ser catastróficas, no sólo desde el punto de vista económico, sino de la seguridad personal de los habitantes de zonas situadas en niveles más bajos.

En efecto, la rotura imprevista de una canalización puede provocar la pérdida de una cosecha por falta de agua en los sembrados durante el lapso que dure la reparación; por otra parte, una vez producida una abertura en el talud del canal la misma velocidad del agua provoca el ensanchamiento de esa abertura, con lo cual pueden formarse verdaderos aluviones que destruyen cultivos, vías de



comunicación, y hasta poblaciones con el consiguiente peligro para sus habitantes.

Si el canal es revestido resulta casi imposible la producción de roturas, y aún en el caso en que ocurrieran agrietamientos, la resistencia a la erosión del material del revestimiento impide el ensanchamiento de la abertura con lo cual se evita la posibilidad de consecuencias graves. Además, que este tipo de eventos pueden ser reparables. (Rimarachin Montenegro, 2013)

### **C. ELIMINACIÓN DE VEGETACIÓN:**

En los canales sin revestimientos, tanto los taludes como el fondo tienden a cubrirse de vegetación, especialmente pastos y hierbas, aunque también suelen en algunos casos desarrollarse en las bermas arbustos y hasta árboles.

La vegetación afecta al canal, por una parte, al restarle agua que las plantas utilizan para su desarrollo y por otra parte al contribuir a disminuir la velocidad del agua, con lo cual se reduce el caudal, y simultáneamente, se facilita el depósito de sedimentos, lo que, a su vez, tiende a disminuir la sección efectiva del canal. El revestimiento impide el crecimiento de la vegetación. (Diaz Gil, 2014)

### **D. AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL CANAL:**

La eliminación de la erosión permite que el agua circule en los canales revestidos a mayor velocidad que en los de tierra, obteniéndose, como resultado, mayor caudal para igual sección.

Las velocidades límites para canales de tierra están comprendidas entre 0,50 y 1 m/s, dependiendo del tirante de agua y del tipo de suelo. en canales revestidos, son admisibles velocidades muy superiores. (Diaz Gil, 2014)

## **E. DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO:**

La conservación de los canales de riego no revestidos incluye las tareas de extracción de vegetación, cierre de aberturas, re perfilado transversal y longitudinal, cegado de cuevas y eliminación de animales excavadores. Las tareas mencionadas son permanentes y su abandono, aún por cortos períodos, puede provocar inconvenientes importantes. Estos ítems desaparecen casi totalmente en los canales revestidos.

A los efectos de realizar estudios comparativos de costos entre canales revestidos y sin revestir, deben agregarse a los costos iniciales de ambos, los respectivos costos de mantenimiento; esta consideración adquiere gran importancia si se tiene en cuenta que, en determinadas condiciones, y para algunas zonas, el costo anual de la conservación se aproxima al costo inicial de un revestimiento de hormigón. (Chiclote Aquino, 2017)

## **F. REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE RIEGO:**

La simplificación en las tareas de distribución de las aguas, provenientes de la automatización que permiten los canales revestidos brinda una disminución sustancial de la incidencia de mano de obra; el valor de esta reducción puede llegar al 75% con respecto a los canales sin revestir; simultáneamente, la mencionada simplificación ahorra tiempo lo que resulta muy importante cuando se trata de hacer llegar el agua a las plantaciones en el momento oportuno. (Chiclote Aquino, 2017)

## **G. PROTECCIÓN DE LA SALUD PÚBLICA:**

El medio ambiente existente en los canales sin revestir es propicio a la proliferación de insectos y en especial mosquitos.

Entre las causas que favorecen el desarrollo de mosquitos en los canales sin revestir pueden mencionarse las siguientes:

- 1- Filtraciones que originan zonas pantanosas.
- 2- Fondos de canales no perfectamente a nivel, lo que causa la formación de charcos y crecimiento de pasto durante los períodos en que el canal no se usa.

3- Los mosquitos dejan sus huevos preferentemente en las espadañas y otras malezas que crecen en los canales no revestidos.

En los canales revestidos no se dan las condiciones favorables para el desarrollo de los mosquitos debido a que la filtración y formación de charcos se reducen y se elimina el crecimiento de malezas. (Rimarachin Montenegro, 2013)

#### **H. ACORTAMIENTO DEL TRAZADO POR LAS MAYORES PENDIENTES ADMISIBLES:**

Como consecuencia de la alta resistencia al desgaste que posee el hormigón, pueden adoptarse en los canales revestidos con este material, velocidades de circulación del agua muy superiores a las de los canales sin revestir.

Por tal razón en zonas de topografía accidentada es posible disminuir la longitud de los canales, aumentando la pendiente longitudinal del trazado y disminuyendo los radios de las curvas horizontales. (Chicote Aquino, 2017)

#### **4.3.3.6.-CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS REVESTIMIENTOS DE CANALES:**

Para que esas ventajas del revestimiento de los canales de riego se obtengan realmente es necesario que cumpla con determinadas condiciones, siendo las más importantes la impermeabilidad, resistencia estructural y a la erosión, durabilidad, máxima eficiencia hidráulica, resistencia a la acción destructiva de elementos externos al canal, costo moderado. (Chicote Aquino, 2017)

#### **4.3.4.-CRITERIOS DE DISEÑO DE CANALES:**

**Según** (ANA, 2010). Los elementos básicos en el diseño de canales son los siguientes:

##### **4.3.4.1.- TRAZO DE CANALES:**

Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica:

- Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.
- Planos topográficos y catastrales.

- Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

Una vez obtenido los datos precisos, se procede a trabajar en gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se hacen los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo.

En el caso de no existir información topográfica básica se procede a levantar el relieve del canal, procediendo con los siguientes pasos:

**a. Reconocimiento del terreno.-** Se recorre la zona, anotándose todos los detalles que influyen en la determinación de un eje probable de trazo, determinándose el punto inicial y el punto final (georreferenciados).

**b. Trazo preliminar.-** Se procede a levantar la zona con una brigada topográfica, clavando en el terreno las estacas de la poligonal preliminar y luego el levantamiento con teodolito, posteriormente a este levantamiento se nivelará la poligonal y se hará el levantamiento de secciones transversales, estas secciones se harán de acuerdo a criterio, si es un terreno con una alta distorsión de relieve, la sección se hace a cada 5 m, si el terreno no muestra muchas variaciones y es uniforme la sección es máximo a cada 20 m.

**c. Trazo definitivo.-** Con los datos de (b) se procede al trazo definitivo, teniendo en cuenta la escala del plano, la cual depende básicamente de la topografía de la zona y de la precisión que se desea:

- Terrenos con pendiente transversal mayor a 25%, se recomienda escala de 1:500.
- Terrenos con pendiente transversal menor a 25%, se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000.

#### **4.3.4.2.- RADIOS MÍNIMOS EN CANALES:**

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de

energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo. (ANA, 2010)

Las siguientes tablas indican radios mínimos según el autor o la fuente:

**TABLA 1: Radio mínimo en función al caudal**

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m <sup>3</sup> /s	3 * ancho de la base
De 10 a 14 m <sup>3</sup> /s	4 * ancho de la base
De 14 a 17 m <sup>3</sup> /s	5 * ancho de la base
De 17 a 20 m <sup>3</sup> /s	6 * ancho de la base
De 20 m <sup>3</sup> /s a mayor	7 * ancho de la base
Los radios mínimos deben ser redondeados hasta el próximo metro superior	

**Fuente:** "International Institute For Land Reclamation And Improvement" ILRI, Principios y Aplicaciones del Drenaje, Tomo IV, Wageningen The Netherlands 1978.

**TABLA 2: Radio mínimo en canales abiertos para  $Q < 20$  m<sup>3</sup>/s**

Capacidad del canal	Radio mínimo
20 m <sup>3</sup> /s	100 m
15 m <sup>3</sup> /s	80 m
10 m <sup>3</sup> /s	60 m
5 m <sup>3</sup> /s	20 m
1 m <sup>3</sup> /s	10 m
0,5 m <sup>3</sup> /s	5 m

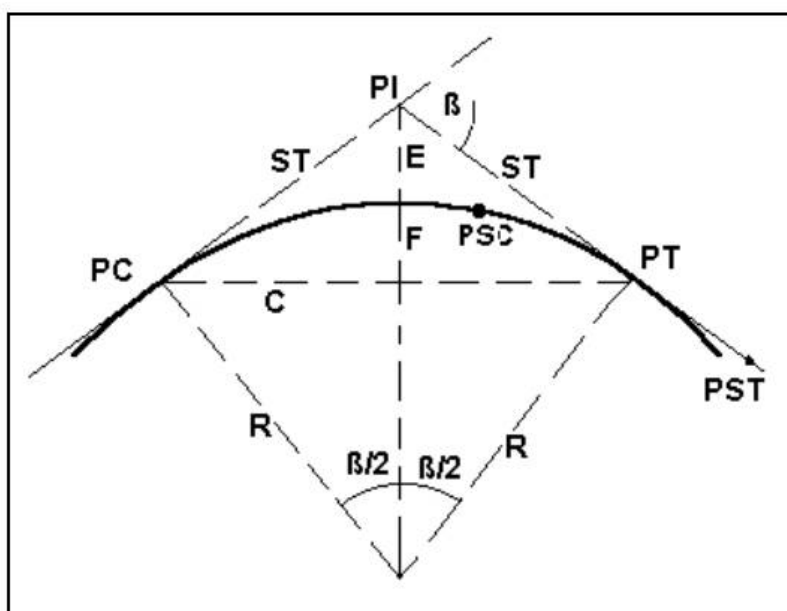
**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N° 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales" Lima 1978.

**TABLA 3: Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua**

Canal de riego		Canal de drenaje	
<i>Tipo</i>	<i>Radio</i>	<i>Tipo</i>	<i>Radio</i>
Sub – canal	4T	Colector principal	5T
Lateral	3T	Colector	5T
Sub – lateral	3T	Sub – colector	5T
Siendo T el ancho superior del espejo de agua			

**Fuente:** Salzgitter Consult GMBH "Planificación de Canales, Zona Piloto Ferreñafe"  
Tomo II/ 1- Proyecto Tinajones – Chiclayo 1984.

#### 4.3.4.3.- ELEMENTOS DE UNA CURVA:



**FIGURA 5: Elementos de una curva**

A	=	Arco, es la longitud de curva medida en cuerdas de 20 m
C	=	Cuerda larga, es la cuerda que sub – tiende la curva desde PC hasta PT.
$\beta$	=	Angulo de deflexión, formado en el PI.
E	=	External, es la distancia de PI a la curva medida en la bisectriz.
F	=	Flecha, es la longitud de la perpendicular bajada del punto medio de la curva a la cuerda larga.
G	=	Grado, es el ángulo central.
LC	=	Longitud de curva que une PC con PT.
PC	=	Principio de una curva.
PI	=	Punto de inflexión.
PT	=	Punto de tangente.
PSC	=	Punto sobre curva.
PST	=	Punto sobre tangente.
R	=	Radio de la curva.
ST	=	Sub tangente, distancia del PC al PI.

FUENTE: ANA 2010

#### 4.3.4.4.- RASANTE DE UN CANAL:

Una vez definido el trazo del canal, se proceden a dibujar el perfil longitudinal de dicho trazo, las escalas más usuales son de 1:1000 ó 1:2000 para el sentido horizontal y 1:100 ó 1:200 para el sentido vertical, normalmente la relación entre la escala horizontal y vertical es de 1 a 10. El procesamiento de la información y dibujo se puede efectuar empleando el software AUTOCAD CIVIL 3D (AUTOCAD clásico, AUTOCAD LAND, AUTOCAD MAP o AUTOCAD CIVIL). (ANA, 2010)

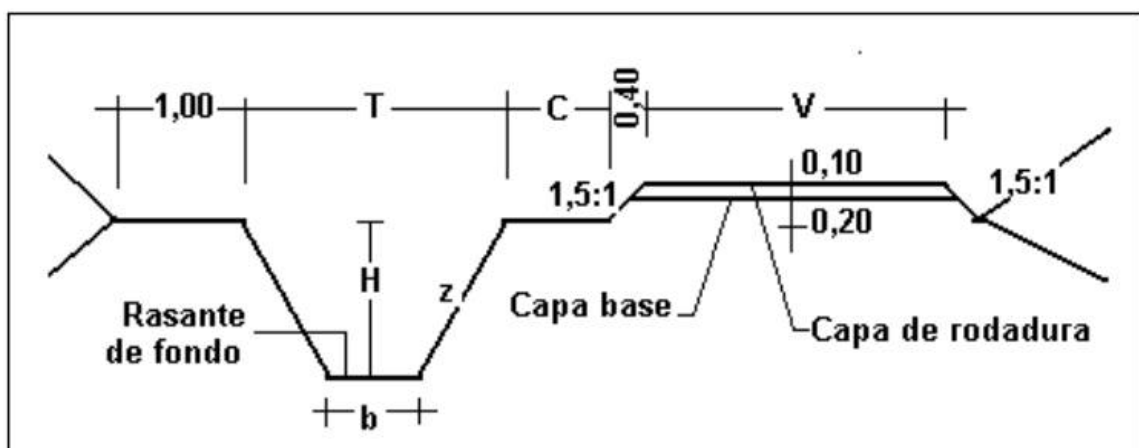
**Para el diseño de la rasante se debe tener en cuenta:**

- La rasante se debe trabajar sobre la base de una copia del perfil longitudinal del trazo
- Tener en cuenta los puntos de captación cuando se trate de un canal de riego y los puntos de confluencia si es un dren u obra de arte.
- La pendiente de la rasante de fondo, debe ser en lo posible igual al pendiente natural promedio del terreno (optimizar el movimiento de

tierras), cuando esta no es posible debido a fuertes pendientes, se proyectan caídas o saltos de agua.

- Para definir la rasante del fondo se prueba con el caudal especificado y diferentes cajas hidráulicas, chequeando la velocidad obtenida en relación con el tipo de revestimiento a proyectar o si va ser en lecho natural, también se tiene la máxima eficiencia o mínima infiltración.
- El plano final del perfil longitudinal de un canal, debe presentar como mínimo la siguiente información.

- ✚ Kilometraje
- ✚ Cota de terreno
- ✚ BMs (cada 500 ó 1000 m) }
- ✚ Cota de rasante
- ✚ Pendiente
- ✚ Indicación de las deflexiones del trazo con los elementos de curva
- ✚ Ubicación de las obras de arte }
- ✚ Sección o secciones hidráulicas del canal, indicando su kilometraje
- ✚ Tipo de suelo
- ✚ Cuadro con elementos geométricos e hidráulicos del diseño



**FIGURA 6: Sección típica de un canal**

**Donde:**

T = Ancho superior del canal



b = Plantilla

z = Valor horizontal de la inclinación del talud Sección típica de un canal

C = Berma del camino, puede ser: 0,5; 0,75; 1,00 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

V = Ancho del camino de vigilancia, puede ser: 3; 4 y 6 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

H = Altura de caja o profundidad de rasante del canal.

En algunos casos el camino de vigilancia puede ir en ambos márgenes, según las necesidades del canal, igualmente la capa de rodadura de 0,10 m. a veces no será necesaria, dependiendo de la intensidad del tráfico.

#### **4.3.4.5.-SECCION HIDRÁULICA OPTIMA:**

##### **Determinación de Máxima Eficiencia Hidráulica:**

Se dice que un canal es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, ésta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo, la ecuación que determina la sección de máxima eficiencia hidráulica es:

$$\frac{b}{y} = 2 * \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Siendo  $\theta$  el ángulo que forma el talud con la horizontal,  $1/z$ , b plantilla del canal e y tirante o altura de agua.

##### **Determinación de Mínima Infiltración:**

Se aplica cuando se quiere obtener la menor pérdida posible de agua por infiltración en canales de tierra, esta condición depende del tipo de suelo y del tirante del canal, la ecuación que determina la mínima infiltración es:

La siguiente tabla presenta estas condiciones, además del promedio el cual se recomienda.

$$\frac{b}{y} = 4 * \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

**TABLA 4: Relación plantilla vs tirante para, máximo eficiente, mínima infiltración y el promedio de ambas**

Talud	Angulo	Máxima Eficiencia	Mínima Infiltración	Promedio
Vertical	90°00′	2.0000	4.0000	3.0000
1 / 4 : 1	75°58′	1.5616	3.1231	2.3423
1 / 2 : 1	63°26′	1.2361	2.4721	1.8541
4 / 7 : 1	60°15′	1.1606	2.3213	1.7410
3 / 4 : 1	53°08′	1.0000	2.0000	1.5000
1:1	45°00′	0.8284	1.6569	1.2426
1 ¼ : 1	38°40′	0.7016	1.4031	1.0523
1 ½ : 1	33°41′	0.6056	1.2111	0.9083
2 : 1	26°34′	0.4721	0.9443	0.7082
3 : 1	18°26′	0.3246	0.6491	0.4868

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua

De todas las secciones trapezoidales, la más eficiente es aquella donde el ángulo a que forma el talud con la horizontal es 60°, además para cualquier sección de máxima eficiencia debe cumplirse:  $R = y/2$

**Donde:**

R = Radio hidráulico

y = Tirante del canal

No siempre se puede diseñar de acuerdo a las condiciones mencionadas, al final se imponen una serie de circunstancias locales que imponen un diseño propio para cada situación.

#### 4.3.4.6.-DISEÑO DE SECCIONES HIDRÁULICAS:

Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc.

La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

**Donde:**

Q = Caudal (m<sup>3</sup> /s)

n = Rugosidad

A = Área (m<sup>2</sup>)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo En la tabla N° 6, se muestran las secciones más utilizadas.

#### **Criterios de diseño**

Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, los cuales tendrán en cuenta: el caudal a conducir, factores geométricos e hidráulicos de la sección, materiales de revestimiento, la topografía existente, la geología y geotecnia de la zona, los materiales disponibles en la zona o en el mercado más cercano, costos de materiales, disponibilidad de mano de obra calificada, tecnología actual, optimización económica, socioeconomía de los beneficiarios, climatología, altitud, etc. Si se tiene en cuenta todos estos factores, se llegará a una solución técnica y económica más conveniente. (ANA, 2010)

#### **a) Rugosidad:**

Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseña canales en tierra se supone que el

canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad.

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados. La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo no dejan de ser una referencia para el diseño:

***TABLA 5: Valores de rugosidad "n" de Manning***

<b>n</b>	<b>Superficie</b>
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras.

***FUENTE:*** Autoridad Nacional del Agua

#### **b) Talud apropiado según el tipo de material:**

La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores, pero en especial de la clase de terreno donde están alojados, la U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomienda un talud único de 1,5:1 para sus canales, a continuación, se presenta un cuadro de taludes apropiados para distintos tipos de material:

**TABLA 6: Taludes apropiados para distintos tipos de material**

MATERIAL	TALUD (h : v)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25 : 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5 : 1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5 : 1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

**Fuente:** Aguirre Pe, Julián, “Hidráulica de canales”, Dentro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras – CIDIAT, Merida, Venezuela, 1974

#### **4.3.4.7.-VELOCIDAD MÍNIMA:**

General, para evitar el depósito de materiales en suspensión se recomienda diseñar un canal revestido con una velocidad mínima aceptable del orden de 0.4 a 1.0 m/s. (Chiclote Aquino, 2017)

#### **4.3.4.8.-VELOCIDAD MAXIMA:**

La velocidad máxima en un canal trapezoidal se obtiene cuando este se diseña con la sección optima o de área mínima por el hecho que si el gasto  $Q$  es constante y el área es mínima  $= A_{\min}$ , entonces:  $Q/A_{\min} = V_{\max}$ .

En los canales revestidos, las velocidades máximas aconsejadas están entre 1.5 y 3 m/s en tramos rectos. Sin embargo, en tramos curvos, en zonas donde se ubican compuertas, partidores, etc., la velocidad recomendada es 1 m/s. (Chiclote Aquino, 2017)

**TABLA 7: Máxima velocidad permitida en canales no recubiertos de vegetación**

MATERIAL DE LA CAJA DEL CANAL	"n" Manning	Velocidad (m/s)		
		Agua limpia	Agua con partículas coloidales	Agua transportando arena, grava o fragmentos
Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limo aluvial coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

**Fuente:** Krochin Sviatoslav. "Diseño Hidráulico", Ed. MIR, Moscú, 1978

#### 4.3.4.9.-VELOCIDAD SUPERFICIAL:

La velocidad de flujo superficial se considera como la velocidad en la lámina de la superficie del flujo. (Madueño Auris, 2018)

#### 4.3.4.10.-VELOCIDAD MEDIA:

El diseño de canales, recubiertos o no, que conducen agua con material fino en suspensión, debe considerar que la velocidad media del flujo, para el caudal mínimo de operación, sea mayor o igual que la necesaria para evitar la sedimentación del material transportado. Empíricamente se considera a la velocidad media el 80% de la velocidad superficial. (Madueño Auris, 2018)

$$V_{\text{media}} = 0.80 V_{\text{superficial}} \dots\dots\dots (01)$$

#### 4.3.4.11.-TALUDES:

Se refiere a la inclinación que poseen las paredes laterales del canal y las cuales se expresan en forma de proporción. la forma más usada en canales es la trapezoidal, con taludes que dependen del terreno en el cual el canal será excavado.

**TABLA 8: Taludes apropiados para distintos tipos de material**

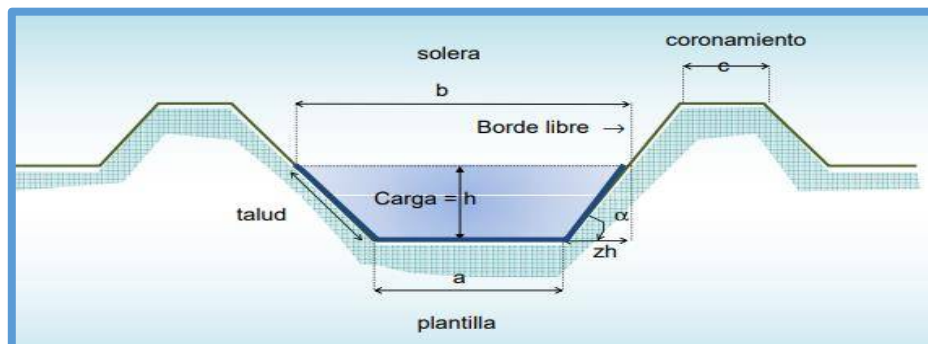
MATERIAL	TALUD (h : v)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25 : 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5 : 1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5 : 1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

**Fuente:** Aguirre Pe, Julián, "Hidráulica de canales", Dentro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras – CIDIAT, Merida, Venezuela, 1974

#### 4.3.4.12.-BORDE LIBRE:

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables. (Madueño Auris, 2018)

En la práctica, en tanto no se tengan valores específicos, es recomendable usar:  $e=l/3d$  para secciones sin revestimiento y  $e = 1/6d$  para secciones revestidas; donde  $d$  es el tirante del canal en metros. Pero siempre manteniendo un bordo libre mínimo de 10 cm.



**FIGURA 7: borde libre**

**TABLA 9: Borde libre en función del canal**

Caudal m <sup>3</sup> /seg	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
( 0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.00	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.00	25.0	50.0
( 1.00	30.0	60.0

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N- 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales" Lima 1978

**TABLA 10: Borde libre en función de la plantilla del canal**

Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

**Fuente:** Villón Béjar, Máximo; "Hidráulica de canales", Depto. De Ingeniería Agrícola – Instituto Tecnológico de Costa Rica, Editorial Hozlo, Lima, 1981

#### 4.3.4.13.-EFICIENCIA DE CONDUCCION:

Es la relación entre el volumen o caudal de agua que ingresa a un canal, y el volumen o caudal de agua que se sale en un punto distinto al de ingreso. (Goicochea Infante, 2013)

$$E_{fc} (\%) = (Q_s / Q_i) 100 \dots\dots\dots (02)$$

**Dónde:**



Efc (%): Eficiencia de conducción.

Qi: Caudal de ingreso al canal.

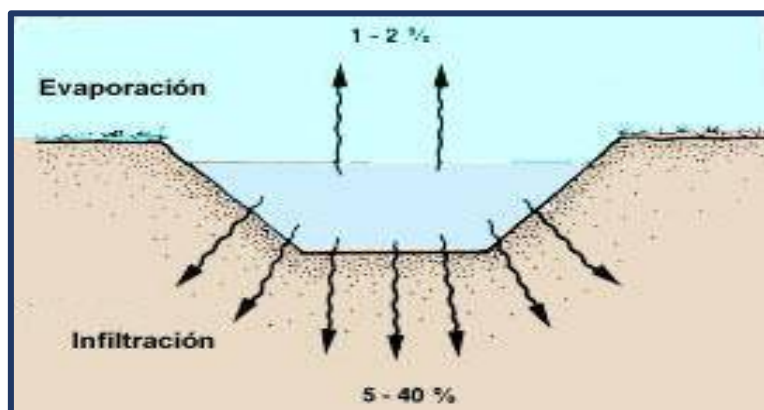
Qs: Caudal de salida del canal.

En los proyectos de riego nuevos, no se concibe solamente llevar el agua hasta nivel de bocatoma, sino que se está dando énfasis al sistema de distribución interna en la parcela, lo que redundará en un aumento en las eficiencias de riego.

En la medida que se conozcan las pérdidas de conducción, se mejorará la programación de los riegos y el control de la operación, pues permitirá atender los pedidos en el menor tiempo posible. (Chiclote Aquino, 2017)

**Las pérdidas en un canal se pueden resumir en cuatro formas, a saber:**

- ✓ **Pérdidas por Evaporación:** usualmente son de poca dimensión y no se toman en cuenta.
- ✓ **Pérdidas por Fugas:** se producen por el mal estado de las estructuras, desajustes en las compuertas, empaques viejos, etc. Si no se les da importancia, pueden ser de grandes dimensiones.
- ✓ **Pérdidas por Mal Manejo de la Operación:** se producen por descuidos del personal, que abren las compuertas más de lo debido, o bajan el tirante sin haber terminado el ciclo de riego, etcétera.
- ✓ **Pérdidas por Infiltración:** son las de más importancia; dependen del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración y carga hidráulica. A este nivel, se reportan pérdidas que oscilan de 15 a 45%.



**FIGURA 8: Representación grafica del BL.**

La eficiencia de conducción de un canal se puede determinar si se aforan en el punto de entrada de caudal del canal y un punto de salida de ese canal; esa eficiencia solo se puede medir realizando muchos aforos. (Goicochea Infante, 2013)

El cálculo de las pérdidas por infiltración en un canal, resulta de gran importancia para la evaluación económica de los canales que se van a ejecutar o de los que ya están ejecutados, el cálculo se efectúa con base en un examen de las propiedades hidráulicas del suelo donde intervienen muchas variables.

Las pérdidas por infiltración en los canales, reducen la eficiencia del sistema ya que representan pérdidas de agua valiosa para los cultivos, además las perdidas elevan el nivel freático, lo que causa efectos perjudiciales a las plantas, ayuda a la salinización del suelo y se convierte en foco de enfermedades.

Las pérdidas se producen en el canal principal entre la toma y los canales secundarios y entre estos y las zonas de riego. También hay perdidas en el momento de aplicación del agua a los campos cultivados, pero estas no son afectadas por el revestimiento del canal y queda a manos de los agricultores controlarlás para aumentar la eficiencia del riego. (Goicochea Infante, 2013)

### **Factores que influyen en las pérdidas:**

Dentro de los factores que afectan a las pérdidas por infiltración, se tienen:

- **La permeabilidad del lecho del canal**, la percolación depende de la permeabilidad el suelo y son tanto mayores cuando más poroso y gruesos es el suelo.
- **Edad del canal**, la perdida de agua en los canales es generalmente máxima inmediatamente después de construidos y después disminuye gradualmente con el tiempo a medida que el fondo y los lados son cubiertos por el fango.

- **Caudal**, las pérdidas son proporcionalmente menores en los canales grandes que en los pequeños.
- **Longitud del canal**, las pérdidas son directamente proporcionales a la longitud del canal de conducción.

### **Métodos para determinar las pérdidas por infiltración:**

**Según** (Chiclote Aquino, 2017). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. En su tesis determina que **para** la medición de las pérdidas por infiltración existen métodos directos y métodos analíticos y empíricos.

#### **A) Métodos directos:**

##### **- Método del estanque o endicamiento:**

Consiste en aislar un sector del canal lleno de agua y medir las pérdidas registradas en función del tiempo. Las pérdidas se expresan en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

Las mediciones por el método del estanque, se pueden llevar a cabo durante el periodo de corta del canal, inmediatamente después del cese del flujo normal, mientras que el perímetro del canal está todavía saturado. Se debe aislar un sector del canal de por lo menos 300 m, por medio de diques temporales; conviene sellar los extremos con una lámina de plástico. Se observa el nivel del agua estancada en la sección a intervalos regulares, generalmente durante varios días y se observa la velocidad de caída de nivel de agua después del llenado inicial. Se debe tener en cuenta la evaporación diaria.

Para los cálculos, los autores proponen la fórmula sugerida por Kraatz:

$$S = W(d_1 - d_2)U P \cdot L$$

#### **Donde:**

S = es la filtración del promedio en m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> cada 24 h

W = es el ancho medio de la superficie del agua estancada (m)

$d_1$  = la profundidad del agua al comienzo de la medición (m)

$d_2$  = la profundidad del agua después de 24 h (m)

$P$  = el perímetro mojado promedio (m)

$L$  = es la longitud del canal (m).

Las principales limitaciones que mencionan los autores son: no puede ser utilizado mientras que los canales están funcionando y no se corresponde con las velocidades y cargas de sedimentos de las condiciones de funcionamiento. Por otra parte es aplicable en pequeños canales, que pueden no tener servicio permanente. No es aplicable a todas las condiciones, requiere de la ejecución de diques, y es un método intrusivo, otra desventaja es que el material en suspensión se puede depositar en el perímetro mojado, alterando las condiciones naturales de infiltración.

#### **- Método de la diferencia de caudales o de entradas y salidas:**

Consiste en el aforo entre dos secciones de un tramo de canal. Cuando se hace en varias porciones de canal también se lo denomina de entradas y salidas. Las pruebas se realizan en las condiciones de funcionamiento y para el caudal de operación del canal.

Históricamente, la determinación de pérdidas por infiltración en canales usando el método de entradas y salidas ha sido una tarea muy compleja. La determinación de pérdidas requiere de mucho tiempo, a la vez que la minuciosidad es fundamental para obtener resultados precisos.

### **B) Métodos analíticos y empíricos:**

#### **-Modelos empíricos:**

Con valores conocidos y medidos de pérdidas por infiltración, para diferentes condiciones de medio físico, se pueden establecer ecuaciones empíricas y gráficos. Estos métodos permiten realizar estimaciones que se pueden emplear con fines de planificación, para situaciones similares en las que se han hecho las determinaciones (Grassi, 2001). Sin embargo, a los efectos de la operación resulta conveniente medir las pérdidas.

Para la provincia de isfahan, en Irán, se han desarrollado modelos empíricos para indicar la relación entre la Ec. y la textura de los suelos, la capacidad del canal, la cobertura vegetal en canales de tierra. Estos modelos pueden ser eficaces según el autor para diferentes condiciones de las variables mencionadas. Por el contrario, para la realidad mendocina es más razonable sostener lo expresado por Grassi (2001) que expresa que las formulas empíricas y analíticas en la realidad no son de mayor ayuda desde el punto de vista de la operación, pues en este caso se requiere de mayor precisión y es por lo tanto más lógico medir las pérdidas. En zonas de suelos homogéneos puede ser de utilidad la aplicación de modelos empíricos para la estimación de la Ec.

- La eficiencia de conducción de un canal se puede determinar si se aforan todas las tomas y desfuegos que cubre el canal y la toma donde se abastece ese canal; esa eficiencia solo se puede medir realizando muchos aforos, por lo que la operación eficiente va estar muy relacionada con la hidrometría del lugar. (Alva Segura, 2017)

**La eficiencia de conducción se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:**

$$E \text{ cond.} = \frac{V_p}{V_t} \times 100$$

**En donde:**

Vp: volumen de agua entregado a nivel de parcela

Vi: volumen total derivado de la fuente de abastecimiento

Pero una forma práctica de determinar las pérdidas de conducción es aplicando la siguiente ecuación:

$$Q_T = Q (\text{pérdidas}) + Q (\text{servicios})$$

El caudal de "servicios" se conoce porque se refiere al listado de solicitudes de riego, pero el caudal de pérdidas no se conoce; entonces se pueden establecer

tres alternativas para asignar un valor al Q (pérdidas): Que sea mayor que el real, que sea menor que el real o que sea igual al real.

#### **4.3.4.14.- MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION:**

Tal como se menciona en distintos trabajos, las pérdidas por infiltración pueden medirse directamente o estimarse en base a procedimientos analíticos y empíricos. Estas pérdidas se expresan comúnmente como:

- Caudal infiltrado por unidad de longitud, en  $m^3 /s/km$
- Volumen por unidad de superficie de área mojada del canal y por unidad de tiempo; en  $m^3 /m^2 /día$ .
- Caudal infiltrado con relación al caudal que conduce el canal por unidad de longitud, en tanto por ciento por km.

Siguiendo al mismo autor, desde el punto de vista de las condiciones hidrodinámicas del flujo de filtración, cabe distinguir entre infiltración libre e infiltración sujeta. La infiltración libre ocurre cuando el acuífero freático y su capa capilar, se encuentra a profundidad tal que no ejerce influencia sobre la infiltración desde el canal.

La infiltración sujeta se produce cuando el nivel freático es somero, tiene una marcada influencia sobre la infiltración, que se produce según el gradiente creado entre el agua en el canal y el agua en la freática. (Chiclote Aquino, 2017)



**FIGURA 9: Canal de riego revestido**

#### **4.3.4.15.- VALORES DE EFICIENCIA DE CONDUCCION DE CANALES:**

El primer concepto que se utilizó para estimar las pérdidas de agua de un sistema de riego fue el rendimiento de transporte y suministro. La mayor parte del agua procedía en aquel entonces de derivaciones de cursos de agua o de embalses, y las pérdidas de transporte eran con frecuencia excesivas.

En los canales totalmente revestidos, con mampostería de piedra con mortero de cemento o con concreto es de esperarse eficiencias próximas al 95%, hasta 20 Km. y de 90%, hasta 50 Km. (Chiclote Aquino, 2017)

#### **4.3.4.16.- CAUDAL:**

Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente líquida.

El caudal se expresa en volumen por tiempo. De esta manera, se puede decir que el caudal de entrada es de tantos litros por segundo (l/s) o de tantos metros cúbicos por día ( $m^3$  /día). (DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA AGRARIA Y RIEGO - DGIAR , 2015)

#### **Las formas más usuales de expresar el caudal son:**

- ✓ Metros cúbicos por día ( $m^3$  /día), donde la expresión metros cúbicos representa el volumen y la expresión día, el tiempo.
- ✓ Litros por segundo (Lts), donde la expresión litros representa el volumen y la expresión segundo, el tiempo.
- ✓ Litros por minuto (Ltmin), donde la expresión litros representa el volumen y la expresión minuto, el tiempo.

Es de suma importancia conocer el caudal (Q) que fluye por una determinada fuente de agua, porque ese caudal fluctúa según las épocas del año y las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, en tiempo de lluvias, el caudal es mayor y más pequeño en tiempo de estiaje. Una vez conocidas las fluctuaciones

de caudal del curso de agua durante un periodo largo, se puede definir el caudal útil o disponible que puede ser extraído del referido curso. (Solsol Robles, 2015)

#### **Medición del Caudal:**

Es la cuantificación del caudal o cantidad de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería medido en una unidad de tiempo. También se le conoce como aforo. La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución.

#### **4.3.4.17.- DEFORMACIONES: GRIETAS, ROTURAS Y FISURAS:**

**a.- Grietas:** Todas aquellas aberturas incontroladas de un elemento superficial que afectan a todo su espesor.

**b.- Fisuras:** Todas aquellas aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial. (Chiclote Aquino, 2017)

#### **4.3.4.18.- DAÑOS EN CANALES:**

##### **A.- OBSTRUCCIONES EN CANALES:**

##### **Descripción del daño:**

Presencia de elementos o material que impide parcial o totalmente el adecuado transporte de las aguas por canales y zanjas de drenaje. (Rimarachin Montenegro, 2013)





**FIGURA 10: Obstrucciones de canales**

**Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Procesos erosivos en las áreas aledañas que generan el desprendimiento y la caída de rocas, detritos, suelo, arbustos y otros elementos sobre la sección hidráulica de los canales.
- ✓ Carga de sedimentos importante en el agua transportada que causa acumulación progresiva en el fondo de las estructuras.
- ✓ Sección insuficiente o pendiente menor a la mínima necesaria para evitar problemas de sedimentación.
- ✓ Falta de control sobre materiales arrojados por el hombre.

**Nivel de severidad:**

- ❖ **Bajo:** obstrucción que afecta menos del 10% de la longitud del canal sin que haya bloqueos completos de la sección.
- ❖ **Medio:** obstrucción que afecta menos del 30% de la longitud del canal sin que haya bloqueos completos de la sección.
- ❖ **Alto:** obstrucción que afecta más del 30% de la longitud del canal o sectores con bloqueo completo de la sección. Medición Se cuantificarán los metros lineales (m) totales de longitud obstruida. Es deseable medir

de forma aproximada en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) el volumen de material que causa la obstrucción.

**Intervención recomendada:**

Limpieza de la sección.

**B.- AGRIETAMIENTO EN CANALES:**

**Descripción del daño:**

Presencia de fisuras o grietas en las secciones que componen el trazado de canales. (Chiclote Aquino, 2017)



***FIGURA 11:Agrietamiento en canales***

**Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Movimientos del terreno que inducen sobreesfuerzos sobre los materiales que conforman los canales.
- ✓ Daños por actividades antrópicas.
- ✓ Deficiencia constructiva.

**Nivel de severidad:**

- ❖ **Bajo:** grietas cerradas y algunas pocas abiertas con separación menor a 3 mm
- ❖ **Medio:** varias grietas cerradas y abiertas con separación entre 3 mm y 5 mm sin deformación de la estructura de drenaje.

- ❖ **Alto:** grietas prominentes o series de grietas abiertas con separación mayor a 5 mm, con posible deformación de la estructura de drenaje.

#### **Medición:**

El daño se cuantifica en metros lineales (m) de canal afectado.

#### **Intervención recomendada:**

- **Severidad baja y media:** sellado con materiales epóxicos o material bituminoso, si se trata de canales en concreto. Sellado con arcilla o suelo cemento en canales en tierra.
- **Severidad alta:** en estos casos se debe verificar la causa del deterioro y tomar las medidas necesarias para su control por parte de un ingeniero geotecnista, antes de hacer la reconstrucción final del canal. La reconstrucción total temporal se lleva a cabo mientras se solucionan las causas del problema.

### **C.- ROTURA EN CANALES:**

#### **Descripción del daño:**

Pérdida de la continuidad longitudinal del canal o zanja por rompimiento. (Rimarachin Montenegro, 2013)



***FIGURA 12: Rotura de canales***

### **Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Movimientos del terreno que inducen deformaciones y sobreesfuerzos en los materiales que conforman los canales.
- ✓ Deficiencia constructiva.
- ✓ Construcción inadecuada de obras adyacentes.

### **Nivel de severidad:**

- ❖ **Bajo:** la rotura no afecta la capacidad de conducción del canal.
- ❖ **Medio:** existen pérdidas parciales de caudal por causa de la rotura.
- ❖ **Alto:** no hay continuidad de la estructura del canal y la rotura conforma un punto importante de infiltración de agua.

### **Medición:**

La afectación se cuantifica en metros lineales (m).

### **Intervención recomendada:**

- **Severidad baja:** sellado con materiales epóxicos o bituminosos, si se trata de cunetas o canales en concreto.
- **Severidad media y alta:** reconstrucción completa del tramo de estructura dañado.

## **D.-CAPACIDAD HIDRÁULICA INSUFICIENTE DE CANALES:**

### **Descripción del daño:**

Insuficiencia de la sección transversal del canal para captar y evacuar el agua que le llega. (Chiclote Aquino, 2017)

### **Causas del deterioro:**

- ✓ Estimación de caudales subestimada en la etapa de diseño de las obras.
- ✓ Ocurrencia de caudales por eventos no previstos, por ejemplo, por el cambio de los usos del suelo.
- ✓ Pendiente longitudinal de las obras inferior a la requerida.

- ✓ Deficiencia constructiva.

#### **Nivel de severidad:**

- ❖ **Bajo:** nivel de agua al borde de la estructura durante lluvias intensas y prolongadas.
- ❖ **Medio:** leve desbordamiento de aguas durante lluvias intensas o procesos incipientes de socavación.
- ❖ **Alto:** desbordamiento de agua apreciable durante lluvias normales o procesos activos y progresivos de socavación.

#### **Medición:**

Se medirá la longitud de la obra hidráulica que presenta insuficiencia hidráulica.

#### **Intervención recomendada:**

- Si es posible, se ampliará la capacidad, aumentando las dimensiones de la sección o la pendiente.
- Reemplazo por obras de mayor capacidad.
- Construcción de nuevas obras que ayuden a disminuir el caudal captado por las ya existentes.



***FIGURA 13: Capacidad hidráulica insuficiente de canales***

## **E.- EROSIÓN DE LA SUPERFICIE:**

### **Descripción del daño:**

Pérdida del material que conforma la superficie de una estructura de contención.  
(Goicochea Infante, 2013)

### **Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Baja calidad del material de la estructura en cuanto a características de durabilidad.
- ✓ Presencia de sustancias agresivas que atacan a los materiales de la estructura.
- ✓ Flujos importantes de agua que generan erosión.

### **Nivel de severidad:**

- ❖ Bajo: la pérdida de material es apenas perceptible (menos de 2 cm) y no hay exposición del acero de refuerzo.
- ❖ Medio: la pérdida de material es apreciable (más de 2 cm). En estructuras de concreto reforzado el refuerzo metálico queda localmente expuesto a la superficie en algunos sectores de la estructura.
- ❖ Alto: la pérdida de material es de más del 10% de la sección de la estructura. En estructuras de concreto deja al refuerzo abiertamente expuesto en varios sectores de la estructura.

### **Medición:**

Se cuantifica el daño haciendo referencia a la superficie afectada en metros cuadrados.

### **Intervención recomendada:**

- **Severidad baja y media:** reponer el material perdido con inyecciones, parches, irrigaciones o cualquier otro tratamiento superficial que sea acorde con el material de la estructura.
- **Severidad alta:** un ingeniero estructural o geotecnista debe evaluar la situación y dar las recomendaciones adecuadas para la recuperación, dependiendo del tipo de estructura y de los daños que se hayan presentado.

## **F.- FISURAS:**

### **Descripción del daño:**

Ocurrencia de fisuras y/o grietas en la estructura. (Goicochea Infante, 2013)

### **Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Agrietamiento de la estructura por empuje de tierras.
- ✓ Deficiencia constructiva o de diseño.
- ✓ Retracción por secado del material.
- ✓ Ausencia de juntas constructivas.

### **Nivel de severidad:**

- ❖ **Bajo:** fisuras cerradas, discontinuas de poca longitud.
- ❖ **Medio:** grietas y fisuras ligeramente abiertas o grieta cerrada continua que no indica falla de la estructura.
- ❖ **Alto:** grieta o conjunto de grietas cerradas o abiertas que muestran un patrón bien definido indicativo de la falla o inicio de la falla de la estructura.

## **G.- EROSIÓN DE JUNTAS**

### **Descripción del daño:**

Pérdida parcial o total del material que conforma la junta entre las secciones que forman la estructura. (Rimarachin Montenegro, 2013)

### **Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Acción erosiva del flujo de agua u otro tipo de agentes como el viento.
- ✓ Baja calidad en las especificaciones de los materiales que conforman el sello de juntas.

### **Nivel de severidad:**

- Bajo: la pérdida de sello es parcial, menor al 20% y aún no permite la infiltración de agua.

### **Posibles causas del deterioro:**

- ❖ Siembra no controlada de especies no nativas o agresivas cerca de la obra de contención.

- ❖ Ambientes húmedos propicios para el crecimiento de vegetación en pequeños espacios de la estructura.
- ❖ Ausencia o deficiencia en la limpieza periódica de las obras.



**FIGURA 14:** Canal con acción erosiva del flujo de agua u otro tipo de agentes como el viento.

### **Nivel de severidad**

- ✓ **Bajo:** la vegetación presente causa daños menores, especialmente estéticos.
- ✓ **Medio:** los daños causados por la vegetación corresponden a fisuramientos que se pueden atender con tratamientos de superficie.
- ✓ **Alto:** presencia de arbustos o árboles que han causado el rompimiento o agrietamiento que afecta la estabilidad de la obra.

### **Medición**

El área de la superficie afectada se medirá en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

### **Intervención recomendada**

- ❖ Retiro de la vegetación causante de los daños y toma de las medidas biológicas necesarias para el control del crecimiento de estas especies.
- ❖ Sellado de grietas.
- ❖ En caso de severidad alta, se deberá hacer un estudio detallado de la afectación de la obra para determinar las medidas de control necesarias.



## **H.-DAÑO POR VEGETACIÓN:**

### **Descripción del daño:**

Crecimiento de vegetación en las juntas de la estructura o en cercanías, que por el crecimiento de sus raíces causa daños en la obra. (Chiclote Aquino, 2017)

### **Nivel de severidad**

- ✓ Medio: la pérdida de sello se encuentra entre 20% y 40%. Existe infiltración de agua.
- ✓ Alto: la pérdida del sello es mayor al 40%. Se infiltra agua.

### **Medición:**

Se determinan la longitud total (m) de las juntas que se van a reparar.

### **Intervención recomendada:**

- ❖ Resellado de juntas con siliconas, asfaltos o el material más adecuado de acuerdo con el tipo de obra, tipo de junta, condiciones ambientales y material que conforma la estructura.
- ❖ Evaluar las causas de la erosión y tomar las medidas necesarias para controlarlas.



**FIGURA 15: canal dañado por causa de la vegetación.**

## **I.-DESPLAZAMIENTO DE JUNTAS:**

### **Descripción del daño**

Movimiento con respecto a su posición original de los diferentes tipos de juntas en una obra de contención. **(Rodríguez Ordóñez, 2008).**

### **Posibles causas del deterioro:**

- ✓ Deformaciones excesivas en la masa del terreno contenida.
- ✓ Deficiencias constructivas.

### **Nivel de severidad:**

- ❖ Bajo: la deformación es pequeña y no se presentan daños en el sello de la junta. La obra tiene continuidad.
- ❖ Medio: las deformaciones causan agrietamientos en la estructura y daños en el sello de las juntas.
- ❖ Alto: las deformaciones causan que no exista continuidad en la estructura.

### **Medición:**

Se determinan la longitud total en metros (m) de las juntas afectadas y el desplazamiento de las mismas en centímetros (cm).

### **Intervención recomendada:**

- Severidad baja y media: reposición de las juntas.
- Severidad alta: de acuerdo con los niveles de deformación, un ingeniero estructural deberá evaluar el grado de la afectación y definir las acciones recomendadas para la reparación o el reemplazo por una nueva estructura.

## **4.3.5.- EVALUACIÓN DEL ESTADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO:**

El propósito de esta inspección es el de evaluar de manera inicial o preliminar las condiciones en que se encuentra el estado del revestimiento del canal. Se trata de recorrer el canal y mediante una fundamentada observación formarse una idea clara y precisa del estado general, evaluar el tipo de problemas que la afectan con lo cual, se determina si es necesario pasar a una inspección más rigurosa.

#### **4.3.6.- NORMATIVIDAD EN GASTOS DE DISEÑO EN CONDUCCIONES PARA AGUA DE RIEGO:**

##### **A) Plan de cultivos:**

En primer lugar, se deberá elaborar un plan de cultivos basado en un estudio económico agrológico de la zona.

##### **B) Gastos de diseño:**

La determinación de láminas de riego, demandas de agua y gastos de diseño de las conducciones con base en coeficientes unitarios de riego, se harán siguiendo los lineamientos la Confederación Nacional Agraria del Perú (CNA) y el Autoridad Nacional del Agua (ANA) y además de:

- ✚ **Ministerio de Economía y finanzas (2011).** Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Riego Menor, a Nivel de Perfil. La mejora de las condiciones de vida en las zonas rurales está ligada al desarrollo de la agricultura y a la intervención del Estado para apoyarlas en el desarrollo de proyectos de inversión. Estos proyectos permiten mejorar los niveles de producción agrícola, el rendimiento de los cultivos, ampliar áreas dedicadas a la agricultura, el acceso a nuevos mercados y que los agricultores obtengan mejores ingresos, elevando la calidad de vida de sus familias.

La elaboración de proyectos de inversión adecuados en riego menor es fundamental, lo que implica disponer de herramientas apropiadas para su identificación, formulación y evaluación. Son proyectos de riego menor aquellos que están dirigidos a apoyar a agricultores que trabajan en parcelas, por lo general, no mayores de 5 hectáreas y que, en conjunto, no superan las 500 hectáreas.

- ✚ **Ley Orgánica de Municipalidades N°27972 del 2003** .Establece en el artículo 79, inciso 4.1: ejecutar directamente o proveer la ejecución de las obras de infraestructura urbana o rural que sean indispensables para desenvolvimiento de la vida del vecindario, la producción, el comercio, el

transporte y la comunicación en el distrito, tales como pistas o calzadas, vías, puentes, parques, mercados, canales de irrigación, locales comunales y obras similares, en coordinación con la municipalidad provincial respectiva.

✚ **Ley de Recursos Hídricos N°29338, del 2009.** Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Se promulgó el 30 de marzo del 2009 y actualmente se encuentra en proceso de implementación y menciona lo siguiente: Título I, Artículo 3°. Declaración de Interés Nacional y Necesidad Pública Declárase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones. Título II, Artículo 12°.

**Son objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Los Recursos Hídricos los siguientes:**

- a) Coordinar y asegurar la gestión integrada y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, el uso eficiente y el incremento de los recursos hídricos, con estándares de calidad en función al uso respectivo.
- b) Promover la elaboración de estudios y la ejecución de proyectos y programas de investigación y capacitación en materia de gestión de recursos hídricos.

#### **4.3.7.- ESTUDIO DEL CASO:**

##### **4.3.7.1.-Nombre del proyecto:**

“Mejoramiento de la Infraestructura de Riego Turuco - Bellavista”

##### **4.3.7.2.- Ubicación geográfica:**

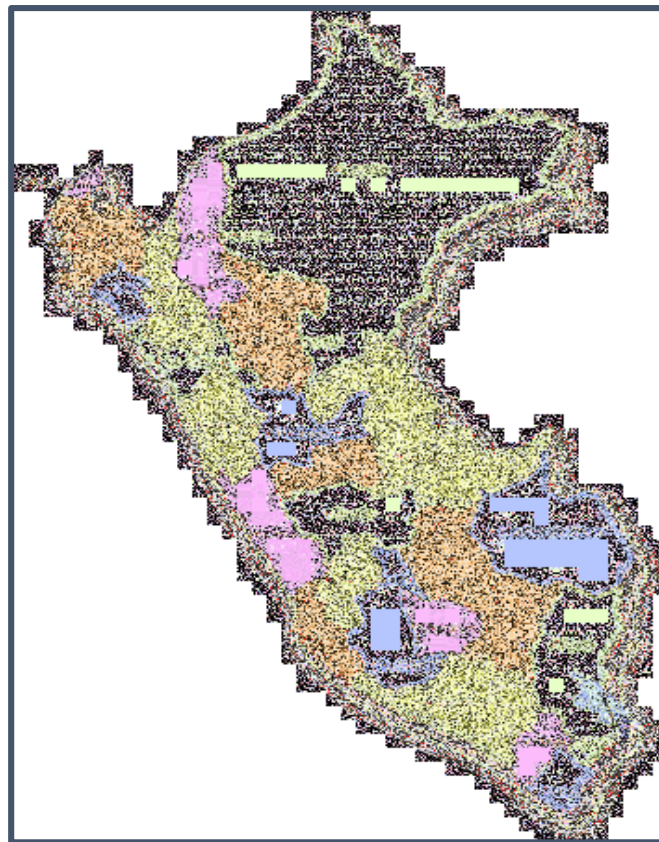
El proyecto se ubica al norte del País, a 20 km de la ciudad de Jaén. Políticamente pertenece al distrito Bellavista, provincia Jaén, región Cajamarca, entre las coordenadas geográficas 5° 40' – 5° 44' de Latitud Sur y 78° 40' – 78° 44' de Longitud Oeste, a una altitud promedio de 421 msnm.

##### **4.3.7.3.- Ubicación política:**

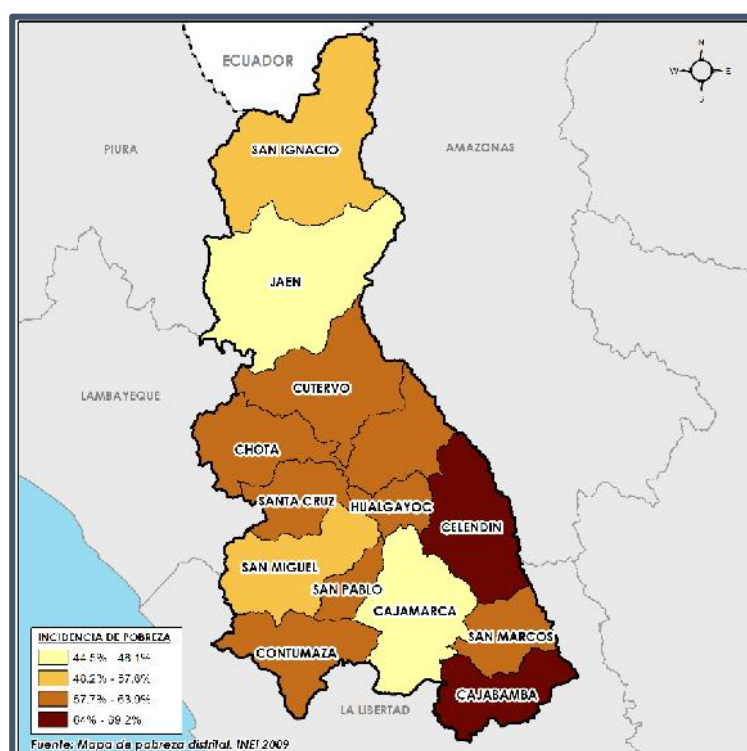
Departamento: Cajamarca

Provincia: Jaén

Distrito: Bellavista



**FIGURA 20.A.-República del Perú**



**FIGURA 20.B.-Departamento de Cajamarca**



**FIGURA 20.C.-Provincia de Jaén**

#### 4.3.7.4.- Vías de acceso:

Bellavista está enlazada al Sistema Nacional, en el km 28 de la Carretera Jaén - San Ignacio, mediante una carretera de 3º clase de 10 km, afirmada, en regular estado de conservación.

El acceso a los frentes de trabajo del proyecto es mediante la antigua trocha carrozable Bellavista Viejo- Corral Quemado, que requiere trabajos de mantenimiento.

**TABLA 11: Vías de acceso al proyecto “Turuco-Bellavista”**

De	A	Tipo vía	Medio Transp.	KM	Tiempo Hora/min	Frec.
Chiclayo	Jaén	Asfaltada	vehículo	300	6	horaria
Jaén	Bellavista	Asfaltada	vehículo	10	0: 10	horaria
		Afirmada	Vehículo	8	0: 08	horaria
Bellavista	Cantera qda Jaén	Afirmada	Vehículo	1	0: 01	
Cantera qda Jaén	Bellavista Viejo	Afirmada	Vehículo	1	0: 01	
Bellavista Viejo	Toma proyectada	Trocha carroz.	Vehículo	4	0:12	

#### 4.3.7.5.- Antecedentes:

El Sector de Riego Bellavista se ubica en la parte baja del valle de la quebrada Jaén, pertenece al distrito de Bellavista y limita por el este con el Río Maraón.

La parte baja comprende una extensión de 1000 ha, de las cuales se siembran 825 ha con diferentes cultivos, teniéndose 665 ha de arroz, 110 ha de cacao y 50 ha de pan llevar. Como se sabe, la Quebrada Jaén, fuente de agua del proyecto, no cubre los requerimientos hídricos en las dos campañas, advirtiéndose en segunda campaña la siembran de 285 ha, de las cuales 235 ha son de arroz y 50 ha de pan llevar.

En épocas de estiaje (Junio - Setiembre), la quebrada Jaén oferta bajos volúmenes de agua, afectando notablemente al sector Bellavista, ubicado en la parte más baja del valle, disminuyendo la siembra en segunda campaña. Para afrontar este problema, la

Administración Técnica del Distrito de Riego de Jaén, establece el sistema de mitas entre los distintos usuarios del sector; sin embargo el problema persiste.

La infraestructura menor de riego del Proyecto está conformada por cuatro canales principales que captan directamente de la quebrada Jaén a través de bocatomas rústicas. Estos son: Plazas, Pitayas, Juntas y Pueblo Viejo, con una longitud total de 36.8 Km. y 16 canales secundarios, de los cuales solo los canales Plazas y Pitayas cuentan con compuertas de regulación metálicas, ubicadas aproximadamente 60 a 80m aguas abajo de sus captaciones. Además, carecen de revestimiento.

Los canales laterales atienden el riego de 1000 ha conducidos por 280 usuarios, propietarios de las tierras. Los agricultores de la zona conforman la Comisión de Regantes Bellavista que pertenecen a la Administración Técnica de Distrito de Riego (ATDR – Jaén) y estos a la vez pertenecen a la Región Agraria Cajamarca,

Este proyecto surge para solucionar el problema generado por el limitado recurso hídrico que oferta la Quebrada Jaén en segunda campaña, ni para incorporar nuevas áreas a la agricultura bajo riego. Ante esta necesidad, el PEJSIB ha realizado estudios para incrementar la disponibilidad en base a la derivación de otros cursos de agua. Tales proyectos, por su elevado costo, no son factibles de ejecutarse en el corto plazo.

Ante esta problemática los agricultores, organizados en la Comisión de Regantes de Bellavista y las autoridades de Bellavista, deciden solucionarla con la captación de las aguas del Río Marañón empleando un sistema de bombeo en el lugar denominado Turuco. De esta manera se inicia la gestión del proyecto “Mejoramiento de la Infraestructura de Riego Turuco - Bellavista”

La alternativa de bombeo del río Marañón mediante la utilización de energía eléctrica, es factible; ya que el Sistema Eléctrico Regional Bagua - Jaén, tiene disponibilidad suficiente de energía para este cometido. La empresa concesionaria ha concedido la factibilidad de suministro y fijación de punto de alimentación, para proveer de energía eléctrica a la estación de bombeo del proyecto, para lo cual debe instalarse una subestación 100 m aguas abajo del lugar denominado “El Turuco”, en el sector Bellavista Viejo.

Lo que pretende con el proyecto es utilizar las áreas que no son sembradas, incorporando 175 ha y mejorando 825 ha, para ser utilizadas en todo su potencial.



A pedido de las autoridades políticas y municipales de Bellavista, Comisión de Regantes de Bellavista y beneficiarios del Proyecto “Mejoramiento de la Infraestructura de Riego Turuco – Bellavista”, la Unidad Formuladora y Ejecutora será el Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua.

#### **4.3.7.6.-Aspecto Socio-Económicos**

##### **❖ Población**

El Distrito de Bellavista cuenta con una población de 16,908 habitantes de acuerdo a los resultados del IX Censo Nacional de Población realizado el 11 de julio de 1993, de los cuales 5,596 habitantes (33.1%) corresponde a la zona urbana y 11312 habitantes (66.9%) corresponde a la zona rural. La población masculina de 8996 (53.21% de la población total) y la de mujeres de 7912 habitantes (46.79%). Cuenta con 3 caseríos, 54 centros poblados rurales y 6 anexos

##### **❖ Actividad principal de la población:**

Las actividades económicas en el área del proyecto, son reflejo de una estructura básicamente primaria, donde la actividad agrícola ocupa la más importante fuente de ingreso; sin embargo, por las características propias de esta actividad, ésta no brinda ocupación permanente a los trabajadores.

##### **❖ Población económicamente activa (PEA)**

De acuerdo al INEI, en el distrito de Bellavista, la población económicamente activa es de 5491 habitantes (56.5%). Según el sector de actividad económica. La PEA se distribuye de la siguiente forma: el 83.10% en el sector extracción ((agricultura, ganadería, caza y silvicultura), el 12.60% a las actividades de servicio, el 4.3% en otras actividades, tales como: comercio, reparación de vehículos y otras.

De acuerdo a la ocupación principal, los grupos mayoritarios son: agricultores, trabajadores calificados, agropecuarios y pesqueros. El segundo lugar corresponde a trabajadores no calificados: servicios, peones, vendedores ambulantes y afines, y otros en menor porcentaje. En segundo lugar, están los que tienen una ocupación no especificada

Por otro lado, la participación de las mujeres es significativa, en el proceso productivo, participando en tareas agrícolas como siembra, cultivos y cosecha; labores que comparten con las tareas domésticas.

#### **4.3.7.7.-Servicios básicos de la población:**

##### **✓ Salud**

Bellavista cuenta con un hospital administrado por el Ministerio de Salud.

##### **✓ Educación**

Los niños que asisten a la escuela de 6 a 12 años es 14.90%, y de niños entre 13 a 17 años es de 45.20%.

En cuanto a la tasa de analfabetismo, de la población de 15 a más años es 17.30%. La población total con primaria completa o más es de 13.5%.

Cuentan con dos centros educativos de nivel inicial, dos centros educativos de nivel primario, dos colegios de nivel secundario y un centro ocupacional.

##### **✓ Vivienda**

La mayoría de las viviendas son de adobe o tapial y techo de calamina o asbesto cemento y piso de tierra. Las viviendas suman 3680, de las cuales 11.5% (es decir 423) cuentan con servicio de desagüe. Observándose además que el 11.7% de viviendas cuenta con alumbrado eléctrico. Las viviendas que no cuentan con agua, desagüe ni alumbrado alcanza el 10.5%.

##### **✓ Energía**

En cuanto al servicio de alumbrado eléctrico, sólo la población urbana dispone de este servicio, en un porcentaje igual a 11.71%. En los poblados menores, falta este servicio, la mayoría de los pobladores utilizan lámparas de kerosene

##### **✓ Telecomunicaciones**

Bellavista cuenta con servicio de telefonía pública, así como en algunos domicilios.

### **III.- RESULTADOS:**

- La infraestructura menor de riego del Proyecto está conformada por cuatro canales principales que captan directamente de la quebrada Jaén a través de bocatomas rústicas. Estos son: Plazas, Pitayas, Juntas y Pueblo Viejo. Además, carecen de revestimiento.
- Para mejorar el nivel de eficiencia en la conducción del recurso hídrico en el CANAL TURUCO – BELLAVISTA, podemos optar por dos alternativas; la primera alternativa es de rediseñar la sección del canal de acuerdo a la zona de estudio o realizar un mejoramiento en todo el canal (revestimiento de concreto).
- La metodología que se utilizó para la elaboración del presente estudio bibliográfico fue en base de textos, cursos de hidráulica y elaboración de proyectos de ingeniería. La recolección permitirá obtener información sobre la eficiencia de conducción de canal de riego.
- Es importante y necesario destacar los resultados obtenidos en esta investigación, de esta manera generen trabajos con altos ingresos económicos.

#### **IV.- DISCUSIÓN:**

El nivel de eficiencia de Conducción de agua del canal de riego TURUCO-BELLAVISTA es. deficiente, la cual es válida por arrojarlos la evaluación una eficiencia de conducción de 80%, la cual está por debajo de la eficiencia de conducción de canales de revestimiento de concreto simple en condiciones nuevas hasta los 20km que tiene una eficiencia aproximada de 95% que se planteó en el marco teórico sobre los Parámetros de eficiencia de conducción de canales revestidos. Esto se debe al mal estado del recubrimiento del canal, las juntas, presencia de grietas, fisuras y a la falta de mantenimiento del canal de riego Turuco.

## **V.- CONCLUSIONES:**

- El nivel de eficiencia de Conducción de agua del canal de riego Turuco - Bellavista es deficiente por el estado de las juntas y recubrimiento, pues la eficiencia de conducción del canal como resultado de la investigación es 80%.
- La comisión de regantes de bellavista y las autoridades de bellavista, proponen el proyecto “Mejoramiento de la Infraestructura de Riego Turuco – Bellavista “con la finalidad de utilizar las áreas que no son sembradas, incorporando 175 ha y mejorando 825 ha, para ser utilizadas en todo su potencial.
- La evaluación del estado del revestimiento del canal de riego Turuco en el tramo en estudio, arroja una pésima condición del estado de recubrimiento del canal por la presencia de roturas, grietas, así como presencia de juntas sin concreto asfalto.
- Las pérdidas en la eficiencia de riego fueron determinadas, para plantear soluciones y mejorar la distribución del recurso hídrico a través de la construcción de canal hidráulico con una estructura hidráulica adecuada y eficiente.
- Este proyecto surge para solucionar el problema generado por el limitado recurso hídrico que oferta la Quebrada Jaén en segunda campaña, ni para incorporar nuevas áreas a la agricultura bajo riego ya que su infraestructura de riego está deteriorada y hay pérdidas considerables.

## **VI.- RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda a la comisión de regantes de bellavista y las autoridades de bellavista incluir en sus actividades un plan de involucramiento y capacitación a los beneficiarios.
- Es necesario desarrollar programas de concientización a los beneficiarios, realizar tareas periódicamente de limpieza y mantenimiento al canal Turuco- Bellavista.
- Se recomienda a los investigadores de estos tipos de trabajos, que, para los trabajos de investigación relacionados a determinar la eficiencia de un canal de riego, se considere un tramo de mayor longitud para obtener datos más confiables y exactos.
- Es necesario que las autoridades locales gestionen un presupuesto más completo al mejoramiento del canal Turuco-Bellavista.
- Se recomienda a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, continuar con esta investigación, tomando en cuenta mas variables, tales como: la velocidad del flujo, temperatura ambiental, tipo de suelo de fundación de canal, entre otros.

## VII.- BIBLIOGRAFÍA

- Alva Segura, C. K. (2017). Tesis. *"DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA PARA RIEGO AL CANAL LLACUHUAN-CASERIO DE LLACUHUAN- DISTRITO DE OTUZCO-PROVINCIA DE OTUZCO- LA LIBERTAD"*. Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad.
- ANA. (2010). *CRITERIOS DE DISEÑOS DE OBRAS HIDRAULICAS PARA LA FORMULACION DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES Y DE AFIANZAMIENTO HIDRICO*. LIMA. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-dise%C3%B1os-1.pdf>
- Bateman, A. (2007). *HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA. HIDROLOGIA*. Grupo de Investigacion en Transporte de Sedimentos, COLOMBIA.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGIA SUPERFICIAL*. Ciudad de Mexico.
- Chiclote Aquino, O. (2017). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO EL PROGRESO MAYANAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO:KM, 00+000 -01+000"*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, CAJAMARCA.
- Diaz Gil, J. C. (2014). TESIS . *"REMODELACION Y REVESTIMIENTO DE 1.2 KM EN LOS CANALES ESCUTE, ARENAL Y RAMA PULEN DEL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"*. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, LAMBAYEQUE, PERU.
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA AGRARIA Y RIEGO - DGIAR . (2015). *MANUAL DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA PARA SISTEMAS DE RIEGO*. Lima.
- Goicochea Infante, R. R. (2013). *DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA • CAJAMARCA*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/513/T%20627.52%20G615%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gustavo Satlari, J. (FEBRERO de 2011). *INFILTRACIÓN Y EROSIÓN: SUS EFECTOS SOBRE LA RED DE CANALES A PARTIR DE LA REGULACION DEL RIO MENDOZA*. Obtenido de UIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO: [http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/4124/satlari2011.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4124/satlari2011.pdf)
- Madueño Auris, A. A. (2018). TRABAJO MONOGRAFICO. *"DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL CANAL - TÚNEL PARA LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN CUTERVO -CAJAMARCA"*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima, Peru.
- Rimarachin Montenegro, N. (2013). *EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO CHILILIQUE -JAÉN*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/608/T%20627.52%20R575%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rivera Panimboza, L. (s.f.). Tesis. *TIPOS DE REVESTIMIENTO Y ESPESORES DE CANALES ABIERTOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- SENAMHI. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. *CICLO HIDROLÓGICO*. LIMA, PERU: Sociedad Geográfica de Lima.
- Solsol Robles, A. R. (2015). TESIS. "*ANÁLISIS DE COSTOS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL CANAL CULLICOCHA-CHAQUICOCHA UBICADO EN ÁREA PROTEGIDA (PARQUE NACIONAL HUASCARÁN)*". UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima, PERU.
- Villon Bejar, M. (2002). *HIDROLOGIA*. Lima: VILLON.
- Villon Bejar, M. (2007). *HIDRAULICA DE CANALES*. Lima: Villon.



## VIII.- ANEXOS

***FIGURA 16: canal de la irrigación "Turuco - Bellavista":***



**Fuente: Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua- PEJSIB**

***FIGURA 17: Director Ejecutivo del PEJSIB, Representante de la Junta de Usuarios de Jaén y Beneficiarios del Canal Turuco - Bellavista realizaron Inspección del Canal:***



**Fuente: Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua- PEJSIB**

***FIGURA 18: El representante de la Junta de Usuarios de Jaén, Director Ejecutivo y el equipo técnico de profesionales***



**Fuente: Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua- PEJSIB**

***FIGURA 19: Mejoramiento del canal Turuco -Bellavista***



**Fuente: Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua- PEJSIB**



**FIGURA 20: Mapa de la provincia de Jaén.**



**Fuente:** Municipalidad Nacional de Jaén

**FIGURA 21: Principales ríos, quebradas y lagunas.**



**Fuente:** Municipalidad Nacional de Jaén

**FIGURA 22: Caseta de bombeo “Irrigación Turuco-Bellavista”**



**FUENTE PROPIA**

**FIGURA 23: Inspección de campo del proyecto “Irrigación Turuco-Bellavista”**



**FUENTE PROPIA**



**FIGURA 24: Inspección de campo KM 0+500 del proyecto “Irrigación Turuco-Bellavista”**



**FIGURA 25: Inspección de campo KM 1+500 del proyecto “Irrigación Turuco-Bellavista” se encuentra lleno de vegetación.**





**FIGURA 26: Proyecto especial “Irrigación Turuco-Bellavista”**



FUENTE PROPIA

**FIGURA 27: Proyecto especial “Irrigación Turuco-Bellavista”, en algunos tramos del canal se encuentran sin mantenimiento y llenos de vegetación.**



FUENTE PROPIA



**FIGURA 28: Proyecto especial “Irrigación Turuco-Bellavista”, tramos del canal con estructura deteriorada.**



FUENTE PROPIA

**FIGURA 29: Mapa resumen del Proyecto “Irrigación Turuco-Bellavista”**

