

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN
DEL CANAL DE RIEGO REMONTA II, DISTRITO DE
BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
MOISES RAFAEL RONCAL ABANTO**

ASESOR

Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

CAJAMARCA PERÚ 2013



DEDICATORIA

*Escribir una tesis demanda bastante tiempo, sacrificio y dedicación.
Tiempo que hay que restarle a los seres queridos que nos rodean.*

En reconocimiento a su comprensión, apoyo y sobre todo al cariño mostrado en los momentos más críticos, dedico esta Tesis: a mí querida Pareja Claudia, y a mi más preciado tesoro, mi hijo Santiago Sebastián.

También lo dedico agradecido infinitamente, a la memoria de mi querido padre Artemio y mi maravillosa madre por todo su esfuerzo, amor y aliento que me brindó y me brinda cada día para seguir adelante., también a mis ocho hermanos y familiares, a quienes siempre me apoyaron y les debo lo que soy.

MOISES



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida, salud, sabiduría y perseverancia.

A mis padres por el apoyo constante que me brindaron siempre.

A mis queridos docentes, por impartirme sus conocimientos para mi formación profesional durante mi Carrera Universitaria, haciendo de mi una persona útil a la sociedad.

A la carrera de Ingeniería Civil por la oportunidad que me brindaron para mi formación.

A mi Casa Superior de Estudios por albergarme en sus aulas, pues como gratitud llevare en alto su distinguido nombre.

A mi estimado asesor Ing. Luis Vásquez Ramírez que con su apoyo y dedicación incondicional me llevo a la culminación de la tesis.

A todas las personas y amigos que me colaboraron en la realización de esta tesis, por su apoyo y su ayuda incondicional.

MOISES



INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCION	xi

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes	1
1.1.1. Antecedentes internacionales	1
1.1.2. Antecedentes nacionales	3
1.1.3. Antecedentes locales	7
1.2 Bases Teóricas	9
1.2.1. Definición de términos	9
1.2.1.1. Canales de revestimiento de concreto simple	9
1.2.1.2. Ventajas que ofrece el revestimiento de canales	10
1.2.1.3. Velocidad mínima	12
1.2.1.4. Velocidad máxima	12
1.2.1.5. Velocidad media	12
1.2.1.6. Velocidad superficial	13
1.2.1.7. Taludes	13
1.2.1.8. Borde libre	13
1.2.1.9. Eficiencia de conducción	14
1.2.1.10. Deformaciones: grietas, roturas y fisuras	17



1.2.1.11. Caudal	22
1.2.1.12. Evaluación de estructuras de concreto	22
1.2.1.13. Parámetros de eficiencia de conducción de canales revestidos	23
1.2.2. Marco conceptual	23
1.2.2.1. Vertedero	23
1.2.2.2. Medición del agua	24
1.2.2.3. Métodos para la medición de caudales	24
1.2.2.3.1 Método del flotador	25
1.2.2.3.2 Método Volumétrico	27
1.2.2.3.3 Método de estructuras de medida	28

CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

2.1. Planteamiento del problema	42
2.1.1. Selección del problema	42
2.1.2. Formulación del problema	45
2.1.3. Justificación de la investigación	45
2.1.4. Alcances, Limitaciones y restricciones de la investigación	46
2.2. Objetivos de la investigación	47
2.2.1. Objetivo General	47
2.2.2. Objetivos específicos	48
2.3. Hipótesis	48
2.4. Variables	48
2.5. Tipos de investigación y análisis	49
2.5.1. Tipo de investigación	49
2.5.2. Tipo de Análisis	50
2.5.3. Localización y entorno local	50



2.6. Diseño de la ejecución del plan como desarrollo de la investigación	54
2.6.1. El universo de la investigación	54
2.6.2. Técnicas, instrumentos e informantes o fuentes para obtener los datos	55
2.6.3. Población y muestra	58
2.6.3.1. Identificación de la población	58
2.6.3.2. Definición del tamaño de la muestra	58
2.6.4. Forma de tratamiento de los datos	58
2.6.5. Forma de análisis de los datos	58
2.6.6. Cálculos y procedimiento	59
2.6.6.1. Cálculo de caudal utilizando el método el flotador	59
2.6.6.2. Diseño de vertederos de pared delgada de sección rectangular	61
2.6.6.3. Realización del proceso de toma de datos	67

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Análisis e interpretación de los resultados de la investigación	76
3.1.1. Determinación de la eficiencia de conducción	76
3.1.2. Evaluación del estado del agrietamiento del canal	80
3.2. Contrastación de la hipótesis	82

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	83
4.2. Recomendaciones	84

CAPÍTULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

5.1. Referencias bibliográficas	86
Anexos	88



INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Resumen de resultados de eficiencias en la cuenca del rio Chili	4
Tabla 1.2. Junta de usuarios y canales estudiados en cuenca del rio Chili	5
Tabla 1.3. Canales principales y secundarios Paccha-Miraflores	8
Tabla 1.4. Canales principales y secundarios Tomacucho	8
Tabla 1.5. Canales principales y secundarios Chaquicocha	8
Tabla 1.6. Tipos y clasificación de grietas	19
Tabla 1.7. Formulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto μ aplicable para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas.	40
Tabla 2.1. Operacionalización de las variables de la hipótesis 1	49
Tabla 2.2. Obtención de caudales de entrada y salida del día 1	68
Tabla 2.3. Obtención de caudales de entrada y salida del día 2	69
Tabla 2.4. Obtención de caudales de entrada y salida del día 3	69
Tabla 2.5. Obtención de caudales de entrada y salida del día 4	70
Tabla 2.6. Obtención de caudales de entrada y salida del día 5	70
Tabla 2.7. Obtención de caudales de entrada y salida del día 6	71
Tabla 2.8. Obtención de datos de la condición del agrietamiento del canal Remonta II	73
Tabla 3.1. Calculo de caudales promedio de entrada y salida canal Remonta II	76
Tabla 3.2. Calculo de la eficiencia de conducción del canal Remonta II	78
Tabla 3.3. Resumen de deformaciones en tramo en estudio	81
Tabla 3.4. Resumen del estado del agrietamiento más importantes	81



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Componentes de un canal	10
Figura 1.2. Grieta primaria y secundaria por tensión en el concreto	20
Figura 1.3. Grieta primaria y secundaria por flexión en el concreto	21
Figura 1.4. Vertedero	24
Figura 1.5. Medición de la Velocidad por Medio de Flotadores	26
Figura 1.6. Isométrico de la Medición de la Velocidad por Medio de Flotadores	26
Figura 1.7. Medición de caudales utilizando método volumétrico	27
Figura 1.8. partes de un vertedero	30
Figura 1.9. vertedero en funcionamiento	30
Figura 1.10. vertedero en de pared delgada	32
Figura 1.11. Vertedero de pared delgada en forma general	33
Figura 1.12. Aspecto real del flujo	35
Figura 1.13. Vertedor rectangular	37
Figura 1.14. Vertedor rectangular(sección transversal y elevación)	39
Figura 2.1. Ubicación geográfica de Cajamarca	51
Figura 2.2. Sección del canal en punto inicial	61
Figura 2.3. Sección del canal en el punto final	62
Figura 2.4. Sección del vertedor en el punto de inicio	66
Figura 2.5. Sección del vertedor en el punto final	66
Figura 2.6. Vertedero rectangular con dos contracciones en funcionamiento	68
Figura 2.7. Condición de grieta en una progresiva del canal	72
Figura 3.1. Caudales de entrada y salida del canal Remonta II	77
Figura 3.2. Distribución de caudales de entrada y salida del canal Remonta II	77
Figura 3.3. Eficiencia de conducción del canal Remonta II	79
Figura 3.4. Distribución de eficiencias de conducción del canal Remonta II	79



RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue Determinar la Eficiencia de Conducción de 1km., del canal de riego Remonta II del Distrito de Baños del Inca de la región de Cajamarca en el tramo Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000, la toma de datos se realizó en el mes de enero del 2013, mediante visitas de campo y evaluación de los caudales de entrada y salida en el tramo de un kilómetro, interdiario por dos semanas y por la inspección y descripción del estado de agrietamiento del canal. Se usaron vertederos de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones para determinación de caudales de entrada y salida y fichas de evaluación del estado de agrietamiento. Se registraron caudales de entrada y salida que difirieron de una semana a otra, teniendo como caudal de ingreso y salida máximos 0.1677 m³/seg. Y 0.1383 m³/seg. Respectivamente. Hallamos que la eficiencia de conducción más alta se registró en el día viernes con 86.43% y la más baja el día sábado con 81.31%. La eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II debido a las filtraciones, por el estado de su agrietamiento es baja. En el tramo en estudio de 1Km, Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000. pues la eficiencia de conducción del canal como resultado de la investigación es 83.94%.

Palabras clave: canal, Eficiencia, conducción, evaluación, revestimiento, filtraciones



ABSTRACT

The objective of this research was to determine the conduction efficiency of 1 km, the irrigation channel Remonta II of the District of Baños del Inca of the Cajamarca region, in the tier between the Km 02+000 – 03+000, data collection was conducted in the month of January 2013, through field visits and evaluation of the flows into and out in the stretch of a kilometer, Leaving a day for two weeks and by inspection and description of the state channel cracking. Landfills were used thin-walled rectangular section with two contractions for determination of flow rates of input and output, and well as evaluation of the state cracking. Flows were recorded input and output that differed from one week to another, taking as flow of income and output maximum 0.1677 m³/sec. and 0.1383 m³/sec. respectively. We found that the efficiency of driving more high was recorded in the day Friday with 86.43 % and the lowest on Saturday with 81.31 %. The conduction efficiency of the irrigation channel remonta II due to the leaks, the state of his cracking is low, In the tier in study of 1 km, between the Km 02+000 – 03+000, because the driving efficiency of the channel as a result of the research is 83.94 %.

Key words: channel, efficiency, conduction, evaluation, cracking, leaks.



INTRODUCCIÓN

El presente estudio referido a la “Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Remonta II, distrito de baños del Inca-Cajamarca”, responde a una necesidad y motivación grupal que nace a partir de la problemática identificada que atraviesan los pobladores del centro poblado de Tartar, del distrito de Baños del Inca, al contar con infraestructuras de canales existentes en el área del centro poblado en estudio, inadecuadas y en mal estado de conservación que no permite potenciar la agricultura y ganadería y por ende el desarrollo del centro poblado.

Debido a la importancia de contar con canales revestidos que funcionen en su máxima eficiencia y condición, es que el estudiar las causas que podrían llevar en desmedro la infraestructura de los canales existentes en el centro poblado de tartar, del distrito de Baños del Inca, surge la idea de estudiar la eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II. Y también como preocupación de obtener información confiable respecto al tema.

El objetivo general de la investigación es la Determinar la Eficiencia de Conducción de 1 Km, del canal de riego Remonta II - Distrito de Baños del Inca-Cajamarca. En el tramo Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000. Y sus objetivos específicos son: Determinar los caudales de entrada y salida durante un periodo de tiempo de dos semanas del canal de riego Remonta II en el tramo en estudio y Evaluar el estado del agrietamiento del canal de riego Remonta II, Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000.

La hipótesis planteada en la investigación es que La eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II debido a las filtraciones, por el estado de su agrietamiento es baja. Teniendo como variables independientes al conjunto de caudales de entrada y salida en el tramo en estudio de un kilómetro y el estado del agrietamiento y variable independiente a la eficiencia de conducción.

La investigación será un aporte para que los Usuarios, Municipalidad y organismos encargados de administrar estos servicios asuman nuevas políticas que direccionen hacia la sostenibilidad de este servicio, por afectar la economía en cuanto a la operación y mantenimiento de canales.

Este trabajo de investigación es el aporte de inicio para enfocar una política regional para lograr destinar una cantidad importante del presupuesto para el sector irrigación en Cajamarca.



CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes Internacionales.

Un estudio realizado en México (Distrito de Riego del Río Mayo en Sonora). En este Distrito se llevó a cabo un minucioso estudio sobre la eficiencia en el uso del agua (Palacios, 2004), en base al cual pueden explicarse las metodologías utilizadas para la estimación de los diferentes componentes de las pérdidas. Se encontraron aportes importantes en el tema, Se estima que en promedio en los Distritos de Riego de México se pierde un 40% del agua en la conducción; es decir la eficiencia media de conducción es del orden del 60%. No obstante, debe recordarse que no toda el agua se desperdicia, ya que parte va a los acuíferos y posteriormente puede ser nuevamente aprovechada; sin embargo, en los Distritos costeros, la mayor parte del agua perdida se va hasta el mar, sin que sea posible su utilización.

Algunas de las conclusiones de este estudio son:

Las pérdidas en conducción pueden subdividirse de acuerdo a su origen en: a) por infiltración; b) por evaporación. Y c) Las fugas por las estructuras.



a) Las pérdidas por infiltración se producen principalmente en los cauces naturales de las corrientes y en los canales no revestidos; sin embargo, en algunos casos de revestimientos agrietados o con mampostería en mal estado, también pueden ser de mucha importancia. El monto de estas pérdidas es variable, destacando el caso de los canales no revestidos, construidos en suelos permeables, donde pueden ser de mucha consideración.

b) Las debidas a la evaporación son relativamente menores que las de infiltración; sin embargo, en muchos distritos de riego el área expuesta a la evaporación en los cauces naturales o canales con diques, puede ser grande y en consecuencia las respectivas pérdidas por evaporación de importancia.

c) Las fugas por las deficiencias en las estructuras, en la actualidad son muy importantes en la mayoría de los Distritos de Riego debido al mal estado en que se encuentran. En efecto, en muchas compuertas radiales sobre desfogues de canales principales y de laterales cerrados que no se utilizan en un momento dado, el agua que se fuga por el mal estado de los sellos o por las perforaciones que se han producido debido a la corrosión del fierro por falta de conservación, puede representar un porcentaje considerable del agua conducida.

Para evaluar los componentes de las pérdidas de conducción, se efectuaron muestreos con infiltrómetros y evaporímetros sobre varios tipos de canales, se utilizaron los datos de los informes de distribución de aguas, en los que se presentan



las pérdidas mensuales por tramos de canales; también se muestrearon las pérdidas por fugas en estructuras y se realizaron aforos en diferentes tramos de canales para afinar la información obtenidas en la muestra con los infiltrómetros, la que se expandió con el apoyo del estudio agrológico.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

El 31 de marzo del año 2009 se promulga la Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos), la misma que en su Art. N° 15, ítem 14, precisa como una de las funciones de la Autoridad Nacional del Agua, el establecer los parámetros de eficiencia aplicables al aprovechamiento de los recursos hídricos, en concordancia con la política nacional del ambiente.

De otro lado, dentro del Proyecto: Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos, una de cuyas áreas piloto es la cuenca del río Chili-Arequipa, se ha previsto establecer la línea de base del indicador eficiencia del uso del agua en el sector agrícola, debido a que el uso agrícola es el aprovechamiento consuntivo más importante, que en la cuenca del Chili representa el 88% de la demanda total.

En concordancia con los antecedentes indicados, en el Plan Operativo 2009 de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, se programó la ejecución del estudio: "Evaluación de la Eficiencia del Uso del Agua" en la cuenca del río Chili, el mismo que abarco los usos: agrícola, energético, poblacional, industrial y minero, siendo la eficiencia del uso del agua con fines agrícolas, la materia del



presente estudio obteniendo importantes resultados en relación a la eficiencia de riego entre ellas la eficiencia de conducción de canales. Que se presenta en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Resumen de resultados de eficiencias en la cuenca del rio Chili

Junta de Usuarios	Bloque de Riego	Nombre Canal	Eficiencia			
			Conducción	Distribución	Operativa	
Chili Zona Regulada	Alto Cural	Alto Cural	96.83%	96.35%	93.30%	
	Bajo Cural - Huaranguillo	Bajo Cural - Huaranguillo	99.00%	77.57%	76.62%	
	Tío	Tío	99.00%	84.44%	83.73%	
	Tingo Grande	Tingo Grande	98.00%	66.00%	64.45%	
La Joya Antigua	Base Aérea	Base Aérea			80.94%	
	La Curva	La Curva			84.05%	
La Joya Nueva	La Cano	La Cano	95.32%	83.63%	82.58%	
	San Isidro	San Isidro	93.83%	94.64%	88.80%	
	San Camilo	"J"		69.20%		
Chili Zona No Regulada	Poñobaya	Poñobaya	92.00%	60.00%	55.35%	
	Acequia Alta Sogay	Acequia Alta Sogay	95.83%	91.30%	87.50%	
	Paucarpata	Paucarpata			98.07%	
	Cinco Ramos	Acequecita		91.30%	95.24%	86.96%
		Acequia Baja		91.89%	94.06%	89.19%
	Huasacache	El Molino			94.39%	
La Estación de Tiabaya					47.25%	
Rio Yura	Uyupampa	Uyupampa	78.73%	83.03%		
	Yura Viejo	La Chacra	94.29%	87.88%	82.86%	
	1 ^{era} Pampa - Yuramayo	"B"		91.74%		
Valle de Vitor	Socabón - Filtraciones	Socabón			69.77%	
	La Cano - Sotillo	La Cano	81.89%	93.45%	76.53%	

Esta investigación fue el 25% del análisis total de la cuenca del rio chili como se presenta en la tabla 1.2



Tabla 1.2. Junta de usuarios y canales estudiados en cuenca del rio Chili

JUNTA DE USUARIOS	COMISIONES DE REGANTES	COMISIONES SELECCIONADAS	CANALES REVESTIDOS	CANALES EN TIERRA	Nº DE USUARIOS
Zona Regulada	17	4	3	1	5 155
La Joya Antigua	6	2	2		855
La Joya Nueva	5	2	2		912
Valle de Vitor	9	2	1	1	422
Zona no Regulada	21	5	3	2	7 587
Valle de Yura	6	2	1	1	765
TOTAL	64	17	12	5	15 696

Fuente: Franco R. – 2009

En 1989 el libro "Riego en la sierra. La experiencia de PRODERM (organismo estatal financiado por convenio bilateral con la cooperación holandesa desde 1978), escrito por Humberto van der Zel, jefe del área de ingeniería de esa institución, propone a las eficiencias de riego como los principales indicadores para medir el éxito de un proyecto de riego. Este autor afirma que "gran parte de los objetivos de un proyecto de riego se pueden expresar en términos de eficiencia del uso de agua". En este libro proporciona definiciones y fórmulas de medición de las eficiencias de conducción, distribución y aplicación. No intenta definir una metodología de seguimiento y evaluación que incluya los aspectos sociales o económicos del riego. (De la Torre C; Sierra R. -2000.)

Por 1990 surgieron varios organismos no gubernamentales dedicados al desarrollo rural, los cuales incluyeron también en sus actividades la construcción de infraestructura productiva y el mejoramiento de sistemas de irrigación en comunidades campesinas. Las más antiguas de este tipo de instituciones son CCAIJO, CADEP, y ARARIWA. Desde 1991 se sumó a este grupo la institución ITDG, dedicada principalmente a la capacitación de Comités de Regantes de



comunidades campesinas en aspectos de gestión del riego y a la construcción de obras menores de control hidráulico. (De la Torre C; Sierra R. -2000.)

Las instituciones mencionadas, con el apoyo de la agencia holandesa SNV, lideraron la conformación de una red regional sobre gestión del riego con el objetivo de compartir experiencias, desarrollar actividades de interés común, e influir sobre las políticas regionales y nacionales que tienen relación con el manejo de recursos naturales. Esta red se denomina GPER-Inka y tiene 18 entidades asociadas, entre entidades estatales, organismos no gubernamentales e instituciones universitarias. Se han organizado a la fecha 12 talleres de intercambio de experiencias, se ha publicado dos libros, se ha organizado numerosas conferencias y talleres sobre temas específicos, y además desde 1997 se ha iniciado una Escuela Regional de Riego con financiamiento de una agencia holandesa. (De la Torre C; Sierra R. - 2000.)

Estas instituciones han realizado diversos estudios en diferentes temas sobre proyectos de riego, y se hace necesario ahora conocer el desempeño de los sistemas de irrigación existentes en las modalidades por gravedad y por aspersión, tanto en sus aspectos técnicos como económicos y sociales. Algunas de las instituciones asociadas al GPER Inka han realizado individualmente evaluaciones de la eficiencia de riego y del costo-beneficio de los proyectos de riego de su ámbito de trabajo. Sin embargo los resultados no son comparables porque los métodos de medición son diferentes.



La revista RURALTER, publicada por la agencia francesa CICDA, presenta en el volumen que corresponde al primer semestre de 1990, un compendio muy valioso de las ponencias sustentadas en dos seminarios sobre el tema en referencia.

Desde la esfera académica ha habido también importantes esfuerzos de medir eficiencias de riego. Entre los principales destacan el libro "El riego, un factor determinante para el desarrollo de la producción agropecuaria alto andina" escrito por Walter Olarte Hurtado en 1988, profesor de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; y la tesis de Carlos Salcedo y Pedro Huarcaya, "La evaluación de eficiencias de riego dentro del ámbito de trabajo del PRODERM", (UNSAAC-1989.)

Otro libro también basado en la experiencia del PRODERM retoma la sugerencia de medir eficiencias de riego pero esta vez como un indicador de los resultados que se pueden obtener con actividades de capacitación en técnicas de riego parcelario. Este libro es el titulado "Pacha Mama Raymi. Un sistema de capacitación para el desarrollo en comunidades", escrito por Willem van Immerzeel y Juan Víctor Nuñez del Prado. El objetivo de éste libro es plantear un nuevo enfoque para la capacitación de familias campesinas teniendo en cuenta su cultura y organización nativa.

1.1.3. Antecedentes Locales

No existen muchos antecedentes en la investigación de la determinación de la eficiencia de conducción de canales de riego, aunque para la elaboración de proyectos de irrigación y canales los proyectistas en este rubro calculan la eficiencia



de conducción del canal de riego existente para plantear el estado actual de la infraestructura como componente de evaluación en los proyectos de inversión pública (Snip), un ejemplo de ello es la información recolectada en el proyecto "Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma" de la ciudad de Cajamarca, en el cual se encontraron las siguientes características en la eficiencia de conducción de diferentes canales.

Tabla 1.3. Canales principales y secundarios Paccha-Miraflores

CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS								
COD. CANAL	NOMBRE	FUENTE	CLASIFICACION	MARGEN	PROG.(Km)	Q(M3/S)	N° USUARIOS	AREA SERV. (hect.)
167	MENDOZA	PACCHA-MIRAFLORES	1 ORDEN	I	0+956	0.01	10	6.00
168	HUARIPATA	PACCHA-MIRAFLORES	1 ORDEN	I	1+058	0.01	20	9.00
169	SALDAÑA	PACCHA-MIRAFLORES	1 ORDEN	D	1+226	0.01	30	8.00
170	NARANJO	PACCHA-MIRAFLORES	1 ORDEN	I	1+657	0.009	20	8.00
171	CANERA	PACCHA-MIRAFLORES	1 ORDEN	I	1+794	0.007	20	7.00

EFICIENCIA DE CONDUCCION	
VOL ENTRADA	VOL.SALIDA
0.010	0.007
74.00%	

Tabla 1.4. Canales principales y secundarios Tomacucho

CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS								
COD. CANAL	NOMBRE	FUENTE	CLASIFICACION	MARGEN	PROG.(Km)	Q(M3/S)	N° USUARIOS	AREA SERV. (hect.)
174	CANAL 1	TOMACUCHO	1 ORDEN	D	2+062	0.012	12	8.00
175	CANAL 2	TOMACUCHO	1 ORDEN	D	2+721	0.010	10	10.00
176	CANAL 3	TOMACUCHO	1 ORDEN	D	3+273	0.010	8	8.00

EFICIENCIA DE CONDUCCION	
VOL ENTRADA	VOL.SALIDA
0.012	0.010
83.33%	

Tabla 1.5. Canales principales y secundarios Chaquicocha

CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS								
COD. CANAL	NOMBRE	FUENTE	CLASIFICACION	MARGEN	PROG.(Km)	Q(M3/S)	N° USUARIOS	AREA SERV. (hect.)
189	ERNESTO CORTEZ	CHAQUICOCHA	1 ORDEN	D	0+027	0.010	7	5.00
190	RICARDO CORTEZ	CHAQUICOCHA	1 ORDEN	D	0+673	0.008	12	7.00
191	NESTOR CORTEZ	CHAQUICOCHA	1 ORDEN	D	1+354	0.007	4	6.00



EFICIENCIA DE CONDUCCION	
VOL. ENTRADA	VOL. SALIDA
0.010	0.007
74.00%	

Fuente: información recolectada por Proyecto de inversión pública "Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma"

Sacando el promedio de estas eficiencias tenemos que la eficiencia de conducción, será aproximadamente: 78 %, esta eficiencia está referida a los canales de riego revestido de concreto simple en la zona de intervención del proyecto. La información recolectada de este perfil solo presenta el resumen de su investigación mas no los cálculos y procedimientos con lo cual se ha llegado a los resultados.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. DEFINICION DE TÉRMINOS

1.2.1.1. Canales de revestimiento de concreto simple

Según el ministerio de agricultura de Chile (INIA), en su boletín N°44, Los canales son las estructuras básicas para conducir el agua de riego hacia los puntos de entrega en las parcelas, lotes o chacras.

El canal de revestimiento de concreto simple es el canal en el cual se emplaza el concreto simple en la estructura del canal de acuerdo a geometría. Teniendo en cuenta una adecuada construcción de los encofrados y la utilización de materiales de buena calidad, para conseguir una estructura resistente y durable en su vida útil.



En general es un revestimiento de mayor costo porque la construcción es relativamente compleja y de gran envergadura, debiendo utilizarse una alta cantidad de mano de obra. En su gran mayoría, el canal adopta una sección trapezoidal en el caso de la ciudad de Cajamarca.

Los revestimientos en un canal se construyen de varios tipos de material. El llamado de superficie dura puede ser a base de concreto simple, reforzado o lanzado a alta presión, de concreto asfáltico, de mampostería (piedra, ladrillo, bloques prefabricados, etc.). Los canales tienen diferentes componentes tales como se muestra en la figura 1.1

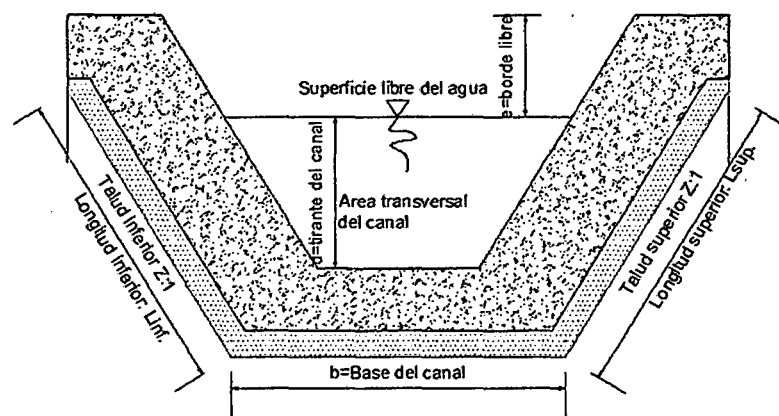


Figura 1.1.- componentes de un canal

Fuente: elaboración propia

1.2.1.2. Ventajas que ofrece el revestimiento de canales

Según la Asociación de canales de Maipo-2009, las ventajas son:



✓ **Prevención de la erosión**

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.

✓ **Imposibilidad de roturas**

Si el canal es revestido resulta muy difícil 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.

✓ **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.

El revestimiento impide considerablemente el crecimiento de la vegetación anulando los inconvenientes enumerados.

✓ **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.



1.2.1.3. Velocidad mínima.

Según la ficha técnica “Diseño Hidráulico de un canal de llamada”, de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SEGARPA)-2012, 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.

1.2.1.4. Velocidad máxima.

Según la ficha técnica “Diseño Hidráulico de un canal de llamada”, de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SEGARPA)-2012, La velocidad máxima de operación en canales, con o sin recubrimiento de superficie dura, que conducen agua limpia o material en suspensión debe limitarse para evitar la socavación o erosión continua del fondo y paredes por turbulencia, abrasión o eventualmente cavitación.

1.2.1.5. Velocidad Media.

Según torres soletto, la velocidad media es la velocidad del agua en las partes laterales de un canal y esta expresada como un 0.75-0.90 de la velocidad superficial. Se han calculado diversas fórmulas empíricas que relacionan la velocidad media V , con la velocidad superficial V_s y la velocidad próxima al fondo V_f ; entre ellas citaremos la de Dubuat, a saber:

$$V_{media} = 0.8 V_s$$

Ec.1.1



Donde V es la velocidad media expresada en m/s. (un 80% de la velocidad superficial (V_s) que nos ofrece el método del flotador, para una velocidad superficial de 0'7-0'8 m/seg., a falta de determinaciones más precisas).

1.2.1.6. Velocidad superficial

Según torres soletto, la velocidad superficial es la velocidad en la lámina de la superficie del agua.

1.2.1.7. Taludes.

Según la ficha técnica "Diseño Hidráulico de un canal de llamada", de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SEGARPA)-2012, 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 trapecial, con taludes que dependen del terreno en el cual el canal será excavado.

1.2.1.8. Borde libre (e).

Según la ficha técnica "Diseño Hidráulico de un canal de llamada", de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SEGARPA)-2012, 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. En la práctica, en tanto no se tengan valores específicos, es



recomendable usar: $e = 1/6d$ para secciones revestidas; donde d es el tirante del canal en metros. Pero siempre manteniendo un bordo libre mínimo de 10 cm.

1.2.1.9. Eficiencia de Conducción:

La eficiencia de conducción permite evaluar el estado de operación y mantenimiento del canal principal o de derivación en el tramo desde la fuente de abastecimiento hasta que se empieza a distribuir el agua en los canales laterales L1, L2, L3,..., Ln. Es mayor cuanto mejor sea el estado del canal o cauce que conduce el agua. (Franco-2009)

Según (Palacios, 2004) respecto a la eficiencia de conducción, considera las siguientes definiciones:

Es la relación entre el volumen de agua realmente utilizado, necesario para la planta y el volumen de agua que se entrega.

$$Efc = \frac{V}{Ve} \quad Efc(\%) = \frac{V}{Ve} * 100 \quad \text{Ec.1.2}$$

Donde:

V = Volumen útil

Ve = Volumen entregado

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 y aplicación, se mejorará la



programación de los riegos y el control de la operación, pues permitirá atender los pedidos en el menor tiempo posible. 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 perdidas que oscilan entre 15 a 45% (Grassi C., 1988)*

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.

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

$$E_{\text{cond.}} = \frac{V_p}{V_t} * 100 \quad \text{Ec.1.3}$$

En donde:



V_p : Volumen de agua entregado a nivel de parcela

V_t : 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

El cual nos permitirá calcular la eficiencia del canal con la formula anteriormente planteada.

Según (Castillo, 2010) La eficiencia de conducción (Ec.1.4) está dada por la relación entre la cantidad de agua que entra al canal o tramo de canal de derivación y la cantidad de agua que sale del canal o tramo del canal mediante la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{Q_s}{Q_e} \quad \text{ó} \quad E_c(\%) = \frac{Q_s}{Q_e} * 100 \quad \text{Ec.1.4}$$

Q_e = caudal que entra al canal o tramo del canal.

Q_s = caudal que sale del canal o tramo del canal.



1.2.1.10. Deformaciones: grietas, roturas y fisuras:

- **Grietas:**

Según serrano-1998, Se trata de aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. Conviene aclarar que las aberturas que sólo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo no se consideran grietas sino fisuras dentro de las grietas, y en función del tipo de esfuerzos mecánicos que las originan, distinguimos dos grupos:

- **Por exceso de carga.** Son las grietas que afectan a elementos estructurales o de cerramiento al ser sometidos a cargas para las que no estaban diseñados. Este tipo de grietas requieren, generalmente, un refuerzo para mantener la seguridad de la unidad constructiva.
- **Por dilataciones y contracciones higrotérmicas.** Son las grietas que afectan sobre todo a elementos de cerramientos de fachada o cubierta, pero que también pueden afectar a las estructuras cuando no se prevén las juntas de dilatación.
- **Fisuras:** Todas aquellas aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial. (Real Academia Española)



- **Desprendimiento o rotura:** Según Francisco serrano-1998, Es la separación entre un material de acabado y el soporte al que está aplicado por falta de adherencia entre ambos, y suele producirse como consecuencia de otras lesiones previas, como humedades, deformaciones o grietas. Los desprendimientos afectan tanto a lo acabados continuos como a los acabados por elementos, a los que hay que prestar una atención especial porque representan un peligro para la seguridad del viandante.

- **Tipos y clasificación de las grietas de concreto**

Según la tesis de Juárez I. -2004, Hay dos aspectos generales del ambiente: el clima y la geología. A estos se le puede agregar la mano de obra sin experiencia o con poca experiencia. Pero la producción de concretos durables en las áreas cálidas es significativamente más difícil que en áreas templadas.

La tabla 1.6, presenta una clasificación de grietas que pueden aparecer en el concreto reforzado, el momento y las causas principales de su aparición, así como las medidas de prevención que se pueden tomar en cuenta para evitar el aparecimiento de las mismas.

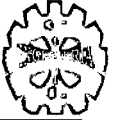
Las dos causas básicas por las que se producen grietas en el concreto son: 1) esfuerzos debidos a cargas aplicadas y 2) esfuerzos debidos a contracción por secado o cambios de temperatura en condiciones de restricción.



Tabla 1.6. Tipos y clasificación de grietas

Clases o tipo de grietas	Momento de aparición	Causa principal	Medidas Preventivas
Grietas de contracción plástica	Primeras horas	Movimientos plásticos Perdida de humedad	Mejorar el curado
Acentamiento plástico	Primeras horas antes del fraguado	Movimientos verticales, exudación, pérdida de humedad	Mejorar el diseño de la mezcla, reducir el retardo, mejorar el curado
Grietas por contracción por secado	De días a meses	Contracción por pérdida de humedad	Mejorar el curado, mejorar la mezcla reduciendo relación agua/cemento
Cuartheaduras	De días a meses	Contracción superficial menor de la lechada	Mejorar el curado, no revibrar
Grietas térmicas	De días a semanas, para el movimiento inicial, de meses para los movimientos finales.	Movimiento de expansión y contracción a corto y largo plazo, calor de hidratación	Reducir la temperatura pico y las diferenciales, además de contemplar en el diseño estructural los movimientos a largo plazo
Grietas de tensión; contracción por carbonatación	De meses a años	Dióxido de carbono atmosférico	Concreto denso
Grietas de corrosión del refuerzo.	De meses a años	Expansión del refuerzo por oxidación, especialmente en concretos porosos y ambientes marinos.	Cubrir bien el acero con 50 a 75 mm de concreto como mínimo; concreto denso.

Fuente: Edgar Enrique Gramajo Barrios, Grietas en edificaciones de concreto: causas, prevención y control. Caso: Proyecto Nimajuyú. Págs. 45-46



Los tipos de grietas más importantes se deben principalmente a los estados a los que están expuestos. Para el caso de los canales podemos definirla en:

Elementos sujetos a tensión. Cuando se da este fenómeno de agrietamiento, empieza a desarrollarse grietas perpendiculares al refuerzo que atraviesan toda la sección transversal. Como se observa en la figura 1.2

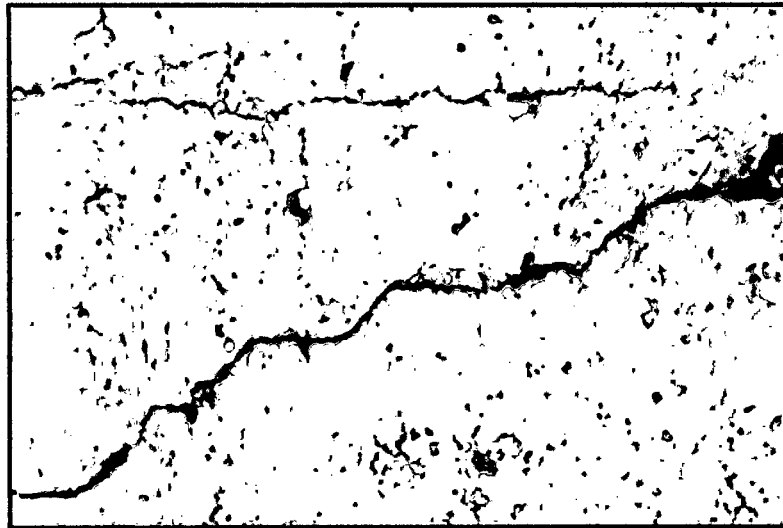


Figura 1.2. Grieta primaria y secundaria por tensión en el concreto

Fuente: Edgard E.-1984

Estas grietas reciben el nombre de grietas primarias. Las primeras grietas se forman en las secciones en que el concreto es más débil a tensión. Debido a la variabilidad natural del material, localizado de estas secciones es un fenómeno aleatorio. Si los esfuerzos en el refuerzo se aumentan, se observan nuevas grietas que se desarrollan entre las grietas primeras existentes, pero que no alcanzan la superficie exterior del espécimen. Estas grietas se han denominado grietas secundarias. Para esfuerzos mayores, se forman pequeñas grietas longitudinales que se desarrollan



desde las grietas primarias y las secundarias existentes. En esta etapa no se forman nuevas grietas transversales, pero las existentes aumentan su ancho.

Elementos sujetos a flexión. La formación y desarrollo de grietas en la zona de tensión de un elemento sujeto a flexión es semejante al de un espécimen sujeto a flexión. Las grietas primarias se forman a cargas relativas bajas y se prolongan hasta el eje neutro. Las grietas secundarias son visibles en la cara lateral y se prolongan hasta una altura menor que la del eje neutro. En algunos casos, se observan grietas secundarias muy pequeñas hasta la altura del refuerzo. Las grietas longitudinales se forman a causa de cargas cercanas a la resistencia del elemento, a la altura del refuerzo de tensión. En algunos ensayos se ha observado que las grietas primarias se dividen en dos ramas horizontales, o que se forman grietas horizontales a la altura del eje neutro. Esto sucede cuando está a punto de alcanzarse la resistencia del elemento. Como se observa en la figura 1.3.

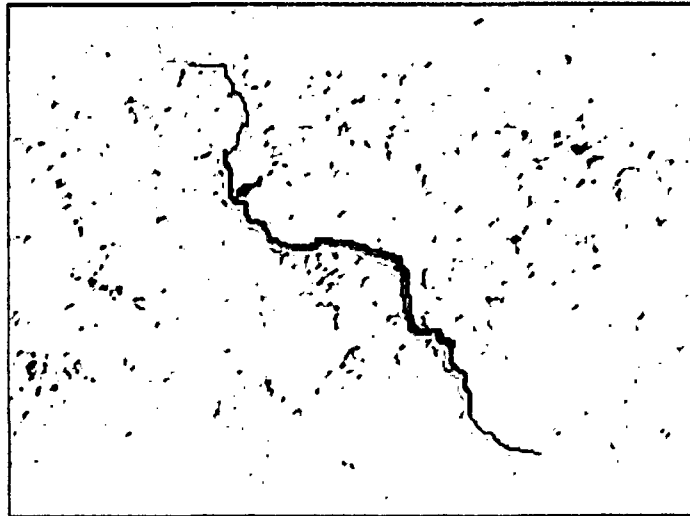


Figura 1.3. Grieta primaria y secundaria por flexión en el concreto

Fuente: Edgard E.-1984



1.2.1.11. Caudal

Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por u sección normal determinada de una corriente líquida. (Lux M., 2010-medidores de flujos en canales abiertos).

1.2.1.12. Evaluación de estructuras de concreto.

Según la investigación “metodología para la evaluación y diagnostico de edificios de concreto reforzado” Para poder identificar y caracterizar los defectos y/o daños (tipo y magnitud); así como delimitar su localización y cantidad en una estructura, debe entonces acudirse a la Evaluación del concreto , esta etapa constituye el fundamento para acertar en la rehabilitación, un diagnostico apropiado garantiza el éxito de los procesos de intraversión en la estructura , una misma manifestación de daño puede asociarse a razones diferentes debido a la naturaleza de las mismas, la inapropiada interpretación del funcionamiento estructural puede llevar a un equivocado diagnostico y por lo mismo, a unos inadecuados procesos de intervención, lo mismo sucede si el profesional que diagnostica no está debidamente capacitado.

La observación y el análisis permiten determinar las causas de daños que pocas veces se encuentran de manera evidente y más cuando se trata de una combinación de circunstancias.

De manera sistemática y ordenada, se tiene que desarrollar una serie de pasos secuenciales, para llevar a cabo una investigación que permita elaborar un



diagnostico (con sus causas), de modo que éste a su vez permita emitir un pronóstico del comportamiento de la estructura, bajo las condiciones de servicio esperadas hacia el futuro.

1.2.1.13. Parámetros de eficiencia de conducción de canales revestidos:

El estudio es de alcance local en lo referente a su cobertura espacial y comprende el uso: agrícola del agua, en su determinación de la eficiencia de conducción. Establece sus indicadores mediante parámetros medidos por muestreo en la infraestructura hidráulica menor (canales), así como en una menor proporción mediante la información estadística hídrica disponible de experiencias anteriores.

Donde 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.

1.2.2. MARCO CONCEPTUAL

1.2.2.1. Vertedero :

Se llama vertedero (Fig.1.4), al Dispositivo utilizado para regular y medir caudales en cauces de ríos y canales abiertos. (Lux M., 2010-medidores de flujos en canales abiertos).

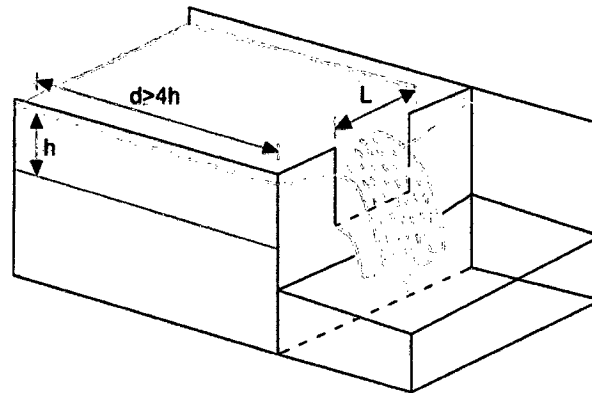


Figura 1.4. Vertedero

Fuente: Héctor E., Wilde R.-2006

1.2.2.2. Medición del agua

Es la cuantificación del caudal de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería. También se le conoce como aforo.

La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución. Dicha medición se realiza a través de medidores de flujo, los cuales son dispositivos que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser cuantificado. (Lux M., 2010-medidores de flujos en canales abiertos).

1.2.2.3. Métodos para la medición de caudales

Entre los métodos más utilizados para medir caudales de agua de canales utilizados en la investigación, se encuentran los siguientes:



1.2.2.3.1. Método del flotador

Según el ministerio de agricultura de Chile (INIA), en su boletín N°28, El método del flotador se utiliza en los canales, acequias y da sólo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión.

Para ejecutarlo, se elige un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 30 metros de largo o el que se ajuste a las condiciones del canal, donde el agua escurra libremente.

Se marca en el terreno la longitud elegida y se toma el tiempo que demora un flotador (por ejemplo un trozo de madera) en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección.

Como flotador se puede usar cualquier objeto que sea capaz de permanecer suspendido en el agua, como un trozo de madera, corcho u otro material similar, que no ofrezca gran resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar fácilmente por la corriente de agua.(fig.1.5 y fig.1.6)

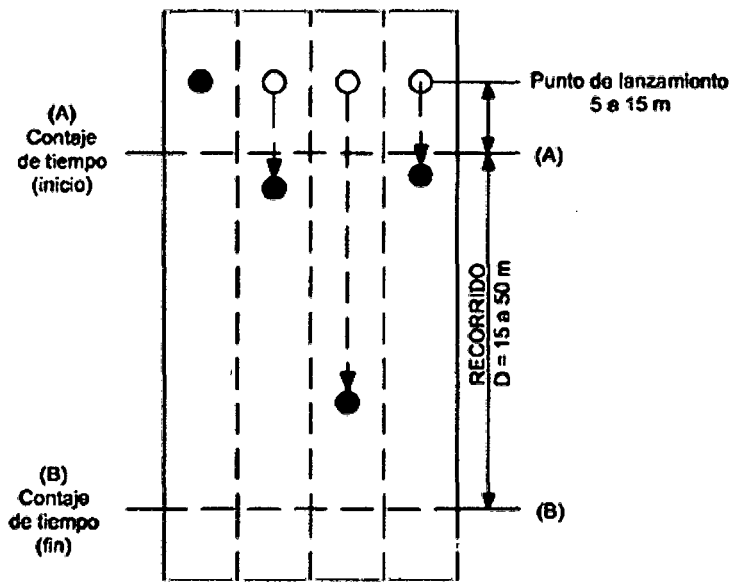


Figura 1.5. Medición de la Velocidad por Medio de Flotadores

Fuente: Héctor E., Wilde R.-2006

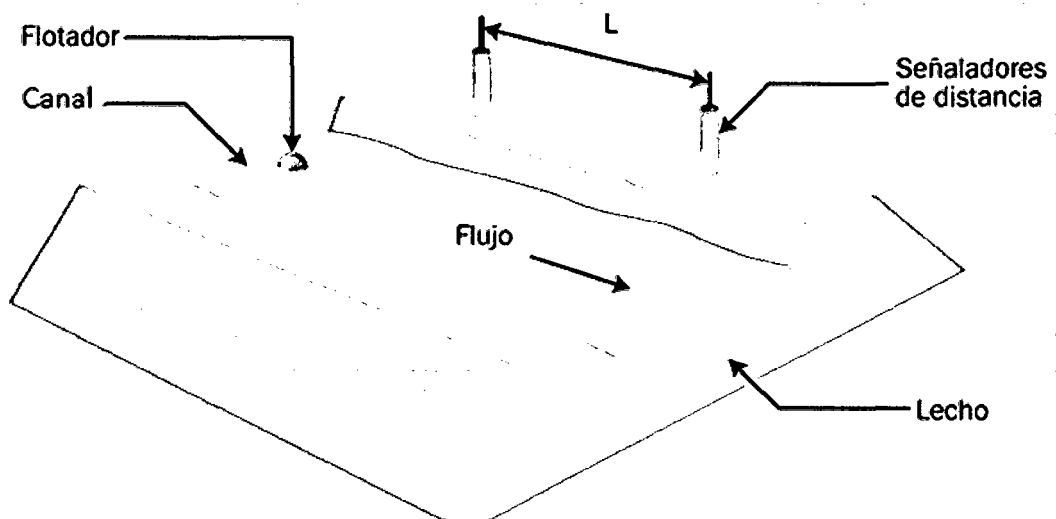


Figura 1.6. Isométrico de la Medición de la Velocidad por Medio de Flotadores

Fuente: Adaptado de Casanova-2003



1.2.2.3.2. Método Volumétrico

Este método permite medir pequeños caudales de agua, como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito (balde) de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 ó 3 veces y se promedia, con el fin de asegurar una mayor exactitud (ver Figura 1.7). (Lux M., 2010- medidores de flujos en canales abiertos).

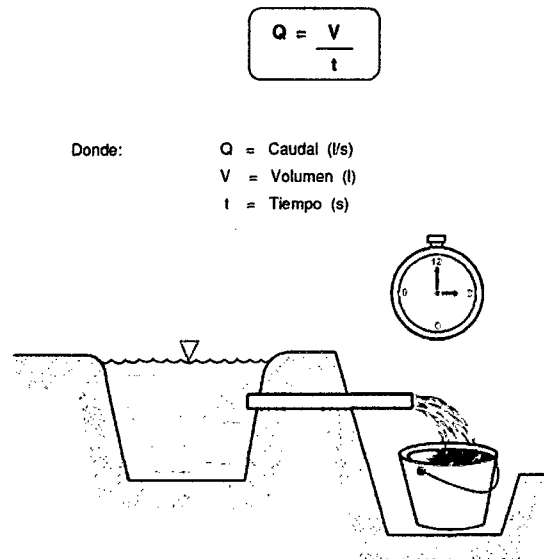


Figura 1.7.- medición de caudales utilizando método volumetrico

Lux M., 2010-medidores de flujos en canales abiertos

a.1) Determinación de la velocidad

Para conocer la velocidad del agua (velocidad superficial), deberá dividirse el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos, como se indica en la siguiente relación:



$$V_s = \frac{\text{Largo de la seccion(m)}}{\text{Tiempo en recorrerla(s)}}$$

Ec.1.5

El paso siguiente es determinar el área promedio del canal (A) (sección transversal del canal). Para luego con estos valores calcular el caudal.

a.2) Determinación del caudal

Conocida la velocidad (V) del agua y el área (A) del canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q):

$$Q = AV_m$$

Ec.1.6

Donde:

$$Q = m^3/s$$

$$A = m^2$$

$$V_m = m/s$$

1.2.2.3.3. Método de estructuras de medida

Según (Lux M., 2010-medidores de flujos en canales abiertos). Como se ha visto, la medición de caudales puede ser realizada por distintos métodos, pero sin duda los sistemas más eficientes y exactos son aquellos que utilizan estructuras especiales.

Casi todas las clases de obstáculos que restringen parcialmente la corriente de agua en un canal, pueden ser utilizados para medición de caudales, siempre que se les calibre apropiadamente.



Existe, sin embargo, una gran cantidad de sistemas y dispositivos utilizados en la medición de aguas. En este caso, se detallan sólo los más conocidos y sencillos, como son los vertederos.

Los vertederos pueden ser definidos como simples aberturas, sobre los cuales un líquido fluye. El término se aplica también a obstáculos en el paso de la corriente y a las excedencias de los embalses.

Los vertederos son por así decirlo orificios sin el borde superior y ofrecen las siguientes ventajas en la medición del agua:

- Se logra con ellos precisión en los aforos
- La construcción de la estructura es sencilla
- No son obstruidos por materiales que flotan en el agua
- La duración del dispositivo es relativamente larga

Los vertederos son utilizados, intensiva y satisfactoriamente en la medición del caudal de pequeños cursos de agua y conductos libres, así como en el control del flujo en galerías y canales, razón por la cual su estudio es de gran importancia.

✓ Terminología de vertederos y partes de un vertedero

En la fig.1.8 se presentan las diversas partes de un vertedero de pared delgada:

CRESTA (L): Se denomina al borde horizontal, también llamado umbral.

CONTRACCIÓN: Lo constituyen los bordes o caras verticales.



CARGA (H): Es la altura alcanzada por el agua a partir de la cresta del vertedero. Debido a la depresión de la lámina vertiente junto al vertedero, la carga H debe ser medida aguas arriba, a una distancia aproximadamente igual o superior a $4H$ (Fig. 1.9).

ANCHO (B): Ancho del canal de acceso al vertedero.

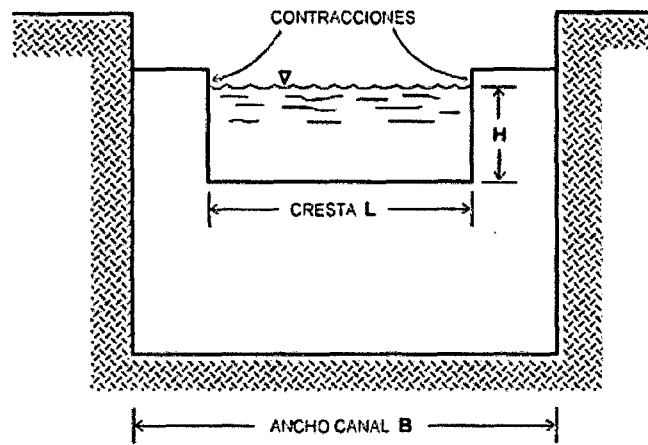


Figura 1.8.- partes de un vertedero

Fuente: Lux M., 2010

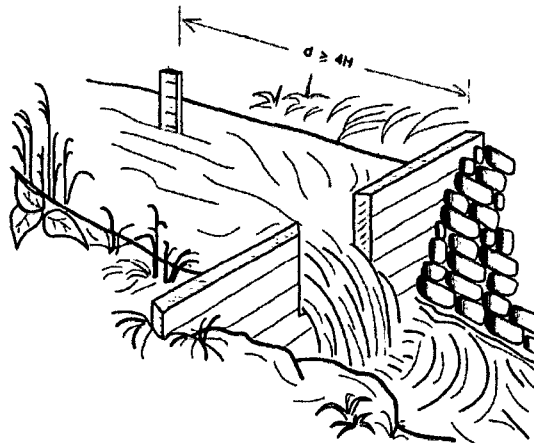


Figura 1.9.- vertedero en funcionamiento

Fuente: Lux M., 2010



a.1) Vertederos de pared delgada

Un vertedero de pared delgada consiste básicamente de una lámina plana, rígida, colocada perpendicular a la dirección del flujo y al fondo del canal. Son dispositivos sencillos y de bajo costo de construcción y mantenimiento (ver fig.1.10). Presentan un amplio rango de medición, cuyo valor máximo puede ser 20 veces superior al caudal mínimo, manteniendo en todo momento la precisión requerida.

De modo general puede decirse que los vertederos de pared delgada son las instalaciones más adecuadas para la precisa determinación del caudal, ya que el error debido a la relación de descarga y carga varía entre 1 y 3%, mientras que para otros dispositivos primarios es mayor al 3% (vertederos de cresta ancha, Parshall, Palmer- Bowles, etc.).

Los vertederos de pared delgada se diferencian por el tipo o forma de la placa de descarga, (por ejemplo trapezoidal, triangular, rectangular, orificios calibrados, etc.).

El ancho de la cresta, medido perpendicular a la cara de la placa, debe medir entre 1 y 2 mm. La pared de aguas arriba de la placa del vertedero debe ser lisa; la cara de aguas abajo deberá ser cortada en cuña con un ángulo no menor a 45°. Los bordes de la placa del vertedero deberán ser pulidos y perpendiculares a la cara de aguas arriba. (Lux M. 2010)

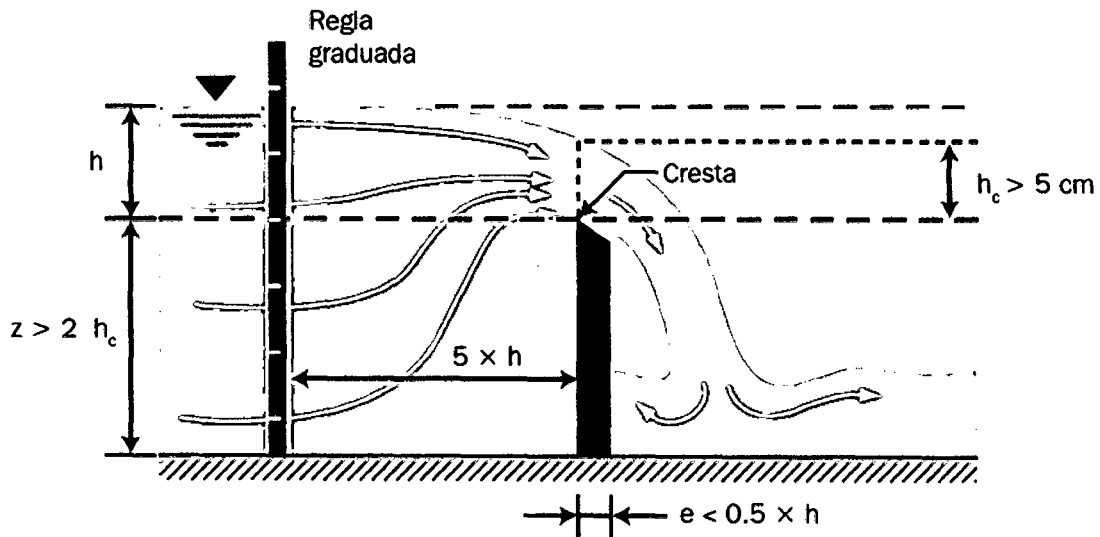


Figura 1.10.- vertedero de pared delgada

Fuente: Adaptado de Casanova-2003

Para determinar el espesor del vertedero se utiliza la siguiente ecuación:

$$e < 0.5h$$

Ec.1.7

❖ Ecuación general del gasto

Sotelo (1997) plantea para la deducción de la ecuación general del gasto, considerando un vertedero de pared delgada y sección geométrica, como se observa en la fig.1.11, cuya cresta se encuentra a una altura w , medida desde la plantilla del canal de alimentación. El desnivel entre la superficie inalterada del agua, antes del vertedor y la cresta, es h y la velocidad uniforme de llegada del agua es V_0 , de tal modo que:



$$H = h + \frac{V_0^2}{2g}$$

Ec. 1.8

Si w es muy grande, $\frac{V_0^2}{2g}$ es despreciable y $H=h$, de acuerdo con la nomenclatura de la fig.1.11, el perfil de las formas usuales de vertederos de pared delgada se puede representar por la ecuación general:

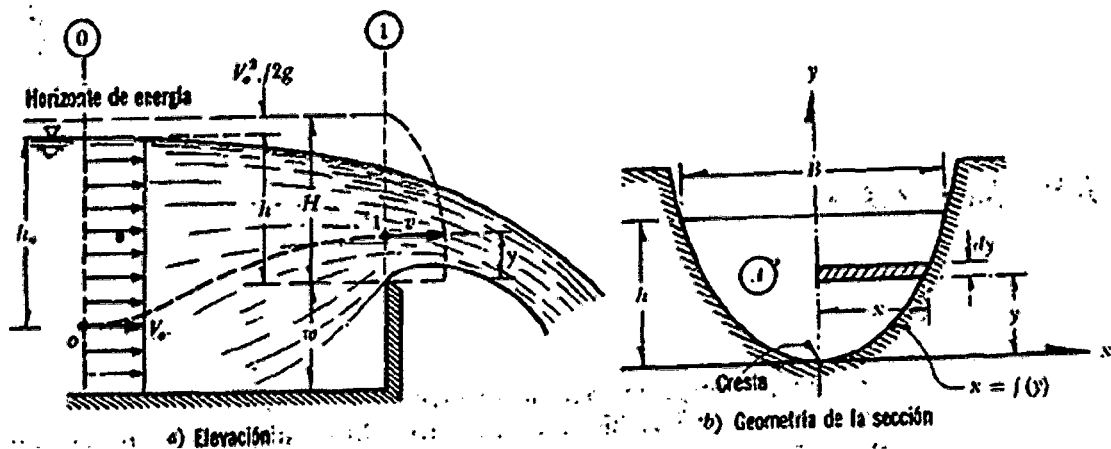


Figura 1.11. Vertedero de pared delgada en forma general

Fuente: (Gilberto Sotelo)

$$x = f(y)$$

Ec.1.9

Que normalmente, será conocida.

Aplicando la ecuación de Bernoulli para una línea de corriente entre los puntos 0 y 1, de la Fig. 1.11, se tiene:

$$h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = h_0 - h + y + \frac{v^2}{2g}$$

Ec.1.10

O bien



$$H = h + \frac{V_0^2}{2g} = y + \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 1.10a}$$

Si $\frac{V_0^2}{2g}$ es despreciable, la velocidad en cualquier punto de la sección 1 vale

$$v = \sqrt{2g(h-y)} \quad \text{Ec. 1.10b}$$

El gasto a través del área elemental, de la Fig. 1.9.1b, es entonces:

$$dQ = 2\sqrt{2g}\mu x\sqrt{h-y}dy$$

Donde μ considera el efecto de contracción de la lámina vertiente. El gasto total vale:

$$Q = 2\sqrt{2g}\mu \int_0^h x(h-y)^{\frac{1}{2}} dy \quad \text{Ec. 1.11}$$

Que sería la ecuación general del gasto para un vertedor de pared delgada, la cual es posible integrar si se conoce la forma del vertedor.

En la deducción de la ecuación se han considerado hipótesis únicamente aproximadas, como la omisión de la pérdida de energía que se considera incluida en el coeficiente μ , pero quizá la más importante que se ha supuesto, es la que en todos los puntos de la sección 1 las velocidades tienen dirección horizontal y con una distribución parabólica, Ec. (1.10b), efectuando la integración entre los límites 0 y h. Esto equivale a que en la sección mencionada el tirante debe alcanzar la magnitud h. Por otra parte, al aplicar la ecuación de Bernoulli entre los puntos 0 y 1 se ha supuesto una distribución hidrostática de presiones. Esto implica una distribución uniforme de las velocidades V_0 y V para todos los puntos de las secciones 0 y 1,



respectivamente, lo cual está en contraposición con la distribución parabólica que se ha supuesto para derivar la Ec. (1.10b).

La red de flujo de un vertedor rectangular muestra que las líneas de corriente sobre la cresta poseen una curvatura que modifica la distribución de presiones hidrostáticas, según la ley dada por la Ec. (1.10). En la Fig. 1.12 se presenta la verdadera distribución, tanto de presiones como de velocidades. La red de flujo indica, a su vez, que la lámina vertiente sufre contracciones en su frontera superior e inferior, por lo que existe una sección contraída X sobre el punto de máxima altura alcanzado por la frontera inferior de la lámina vertiente, donde se presentan velocidades cuyas componentes horizontales se apartan de la ley parabólica; además, hay una distribución de presiones también distinta de la hidrostática, como se muestra en la Fig. 1.12.

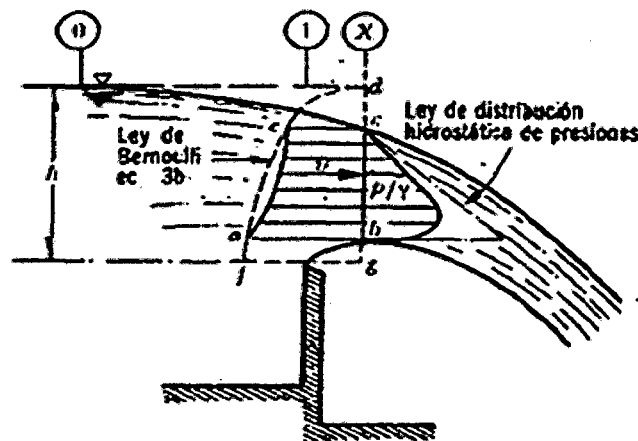


Figura 1.12. Aspecto real del flujo

Fuente: (Gilberto Sotelo)



Por último, el μ coeficiente de gasto que aparece en la Ec. 1.11, representa la relación entre el área sombreada a, b, c, e, de la Fig. 1.12, correspondiente a la verdadera distribución de velocidades; y la f, g, d correspondiente a la distribución hipotética de velocidades, a saber:

$$\mu = \frac{\text{area achurada a,b,c,e}}{\text{area de la parábola f,g,d}} \quad \text{Ec.1.12}$$

Debe ser de tipo experimental y próximo a 0.60, que corresponde a un orificio de pared delgada

a.1.1) Vertederos de pared delgada de sección rectangular

Para Lux M. (2010), el vertedero rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados.

Es un vertedero con una sección de caudal en forma de rectángulo con paredes delgadas, de metal, madera o algún polímero resistente, con una cresta biselada o cortada en declive, a fin de obtener una arista delgada.

La precisión de la lectura que ofrece está determinada por su nivel de error que oscila entre un 3 y 5 %.



Según Sotelo (1997), sostiene que para esta forma de vertedor la ecuación 2, es del

tipo $x = \frac{b}{2}$, donde $b=L$ es la longitud de cresta (Fig.1.13). Luego, la ec.1.11, es:

$$Q = -\mu\sqrt{2gb} \int_0^h x(h-y)^2 (-dy)$$

Y efectuando la integración es:

$$Q = -\frac{2}{3}\mu\sqrt{2gb} \left[(h-y)^3 \right]_0^h \quad \text{Ec.1.13}$$

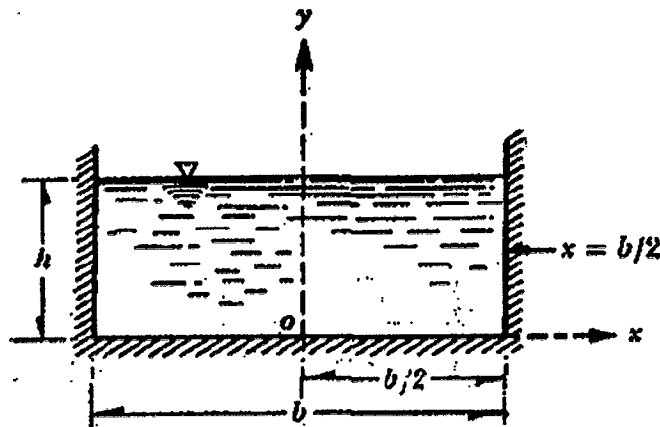


Figura 1.13. Vertedor rectangular

Fuente: (Gilberto Sotelo)

Y finalmente:

$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{2g} \mu b h^{3/2} \quad \text{Ec.1.14}$$

Que es la ecuación general para calcular el gasto en un vertedor rectangular cuya carga de velocidad de llegada es despreciable. En los países que utilizan el sistema



inglés de unidades se acostumbra agrupar los términos $\frac{2}{3}\sqrt{2g\mu}$ en un solo coeficiente

C, de tal manera que:

$$Q = Cbh^{3/2} \quad \text{Ec.1.15}$$

Esta ecuación es más sencilla que la Ec.1.14, si bien no es homogénea, es decir, que el coeficiente C, tiene las dimensiones $[L^{1/2} T^{-1}]$ y vale:

$$C = \frac{2}{3}\sqrt{2g\mu} = 2.952\mu \quad \text{Ec.1.16}$$

El valor de μ se calcula haciendo uso la fórmula de Hegly:

$$\mu = \left[0.6075 - 0.045 \left(\frac{B-L}{B} \right) + \frac{0.0041}{h} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right] \quad \text{Ec.1.17}$$

Y finalmente:

$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{2g\mu}Lh^{3/2} \quad \text{Ec.1.18}$$

Que es la ecuación general para calcular el gasto en un vertedor rectangular.

Dónde:



Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m^3/s

$b=L$ = Ancho de la cresta, en m

h = Carga del vertedero, en m

μ =coeficiente de gasto

g =gravedad

A pesar de que las ecuaciones (1.14) o (1.15) valen únicamente en el caso de una velocidad de llegada despreciable, diferentes autores han investigado y obtenido fórmulas experimentales para evaluar μ , en las cuales se incluya dicho efecto para permitir que tales ecuaciones conserven su validez. En efecto, cuando el vertedor rectangular se encuentra al centro de un canal, de ancho B mayor que la longitud de cresta $b=L$ del vertedor (Fig. 1.14), se producen contracciones semejantes a los de un orificio.

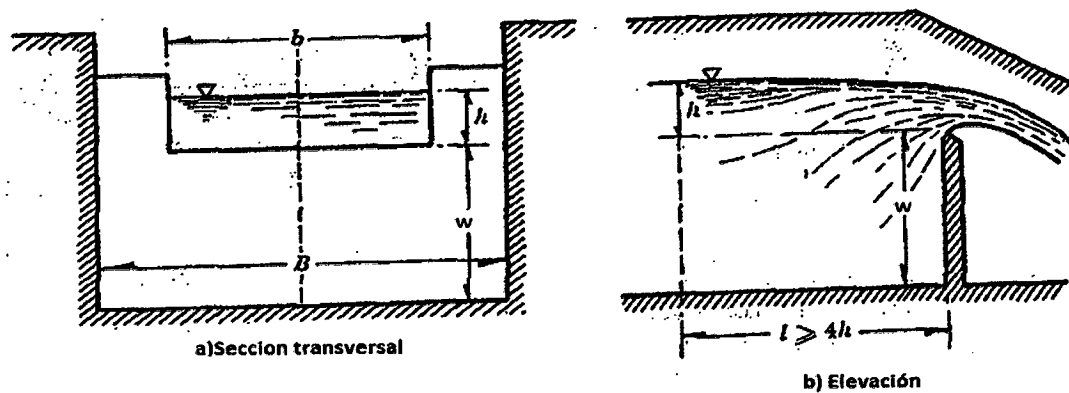


Figura 1.14. Vertedor rectangular (sección transversal y elevación)

Fuente: (Gilberto Sotelo)



Tabla 1.7. Formulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto μ aplicable para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas.

Autor	Fòrmula	Límites de aplicación	Observaciones
Hegly (Ref. 30) (1921)	$\mu = \left[0.6075 - 0.045 \left(\frac{B-L}{B} \right) + \frac{0.0041}{h} \right] * \left[1 + 0.55 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0.10m \leq h \leq 0.60m$ $0.50m \leq L \leq 2.00m$ $0.20m \leq w \leq 1.13m$	El primer límite de aplicación es el más importante. Para $h/L > 0.13$ tiene mayor precisión que la fórmula SIAS.
Sociedad de Ingenieros y Arquitectos Suizos (1924) (Ref. 9) (Fórmula SIAS)	$\mu = \left[0.578 + 0.037 \left(\frac{L}{B} \right)^2 + \frac{3.615 - 3 \left(\frac{L}{B} \right)^2}{1000h + 1.6} \right] * \left[1 + 0.5 \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0.025 \leq h \leq 0.80m$ $L \leq 0.3B$ $w \geq 0.30m$ $\frac{h}{w} \leq 1$ en el caso de contracciones laterales	Para vertedores sin contracciones laterales los límites son: $0.025 \leq h \leq 0.80m$ $0.30m \leq w$ $\frac{h}{w} \leq 1$ Para $h/L \leq 0.13$, es más precisa que la de Hegly.
Hamilton-Smith	$\mu = 0.616 \left(1 - \frac{L}{10B} \right)$	$0.075m \leq h \leq 0.60m$ $0.30m \leq L$ $0.30m \leq w$ $h \leq \frac{w}{2}$ $L \leq (B - 2h)$ $\frac{h}{L} \leq 0.5$	Si $B(h-w) < 10Lh$. Se deberá reemplazar en la ecuación el valor de h por h' donde $h' = h + 1.4 \left(\frac{V_o^2}{2g} \right)$, donde $V_o = \left[\frac{Q}{B(h+w)} \right]$ es la velocidad de llegada
Francis (Ref. 31)	$\mu = 0.623 \left[1 - 0.1n \frac{h}{L} \right] * \left[\left(1 + \frac{V_o^2}{2gh} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{V_o^2}{2gh} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$	$0.18m \leq h \leq 0.50m$ $2.40m \leq L \leq 3.00m$ $0.60m \leq w \leq 1.50m$ $b \geq 3h$	$V_o = \left[\frac{Q}{B(h+w)} \right]$ Velocidad de llegada. $n=2$ en vertedores con contracciones laterales $n=0$ en vertedores sin contracciones laterales



Rehbock (1929) (Ref. 9)	$\mu = \left[0.6035 + 0.0813 \left(\frac{h + 0.0011}{w} \right) \right]^* \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{\frac{3}{2}}$	$0.010m \leq h \leq 0.80m$ $b \geq 0.30m.$ $W \geq 0.06m$ $\frac{h}{w} \leq 1$	Vale sólo para vertederos sin contracciones laterales. Es muy precisa y de las más utilizadas, por su sencillez.
-------------------------------	--	---	--

Fuente: Adaptado de Sotelo, 1997

a.1.1.1) Calibramiento del vertedero de pared delgada de sección rectangular.

Para realizar la calibración de los vertederos de pared delgada de sección rectangular, se puede realizar usando dos metodologías como son: calibración por bancos hidráulicos en laboratorios especializados y la calibración in situ.

Para realizar el ensayo in situ, debemos tener conocido el caudal por cualquier método de obtención de caudales (método volumétrico, molinete, escorrentómetros, etc.). Este proceso también podemos realizarlo simultáneamente cuando se está tomando los datos para la obtención de caudales por método de pared delgada para obtener datos más confiables.

Este caudal encontrado por cualquiera de los métodos antes mencionados se compara con el caudal obtenido mediante la fórmula de obtención de caudales por el método de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones, con la finalidad de encontrar si difieren o no, si difieren calcularemos el factor de corrección (relación entre el método de caudal conocido y el de pared delgada), el cual se multiplicara a la formula general del cálculo de caudal por el método de pared delgada, quedando finalmente calibrado el equipo.



CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1. Selección del problema

El agua que requieren los cultivos es aportada en forma natural por las precipitaciones, pero cuando ésta es escasa o su distribución no coincide con los periodos de máxima demanda de las plantas, es necesario aportarla artificialmente, es decir a través del riego.

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 tanto en los procesos de conducción principalmente, así como de distribución, ocasionando por tanto mermas considerables en la productividad agrícola, lo cual viene incidiendo negativamente en la rentabilidad y en la competitividad de la agricultura en la Sierra rural de Cajamarca.



El presente estudio referido a la "Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Remonta II, distrito de baños del Inca-Cajamarca", responde a una necesidad y motivación grupal que nace a partir de la problemática identificada que atraviesan los pobladores del centro poblado de Tartar, del distrito de Baños del Inca, al contar con infraestructuras de canales existentes en el área del centro poblado en estudio, inadecuadas y en mal estado de conservación que no permite potenciar la agricultura y ganadería y por ende el desarrollo del centro poblado.

La mayoría de canales de riego que se construyen en las zonas rurales del país, a pesar de haber tenido una buena asesoría técnica en la etapa de concepción, diseño y finalmente ejecución, terminan en un periodo corto, deteriorándose y resultando insuficientes o lo que es peor inoperativos. Para superar esta situación y garantizar la eficiencia de estos canales de riego, es importante determinar la eficiencia de conducción de los canales, para ir midiendo el grado de deterioro o mantenimiento de los canales revestidos para riego y así ir tomando las medidas necesarias para llegar a la máxima eficiencia y producción de un canal.

El Sistema de riego se origina en el río Chonta a la altura del actual viaducto la Unión en el centro poblado de tartar chico en donde existe una captación de concreto la cual se encuentra con condiciones regulares de deterioro; Aquí nace el canal principal remonta II, con una capacidad máxima en el diseño de 300 l/s, el un caudal de estiaje del río es 3 m³ por segundo. El caudal de máximas avenidas para un periodo de retorno de 100 años es de 200 m³/seg, este canal es revestido de



concreto simple, que tiene por finalidad irrigar a un sector del caserío de Huayrapongo, en la parte superior al río Cajamarquino, la sección inicial o denominado antecanal tiene una sección rectangular, de medidas: ancho de solera $b = 0.60$ m. y un tirante $Y = 0.50$ m.; pasando por una transición se tiene una sección trapezoidal, de medidas: ancho de solera $b = 0.60$ m., un tirante $Y = 0.30$ m y un talud $Z = 1:2$.

El área que beneficia el canal es de aproximadamente 150 Has. Durante todo su recorrido, según el padrón de beneficiarios, cuyos terrenos son dedicados a la siembra de pasto, alfalfa y hortalizas, principalmente. Los pastos y la alfalfa son utilizados en la cría de ganado vacuno, generalmente.

Se ha observado que el canal de riego Remonta II, ubicado en el Distrito de Baños del inca, no es ajeno a los diversos problemas que se están presentando en el mundo, con respecto al uso del agua y al funcionamiento, por lo que se pretende con el presente estudio determinar la eficiencia de conducción, para que en base a los resultados obtenidos, los usuarios y directivos del canal, traten de mejorar este servicio.



2.1.2. Formulación del problema

⚙ Problema General

La Eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II - Distrito de Baños del Inca-Cajamarca en el tramo de estudio de 1km, es baja porque presenta filtraciones en las zonas donde existe mayor cantidad de grietas, roturas y juntas en mal estado.

2.1.3. Justificación de la investigación

La presente investigación se realizará con el propósito de tener mayor información sobre la eficiencia de conducción del canal de riego en su tramo en estudio y de ahí en adelante tomar en cuenta las acciones a considerarse y realizarse en la infraestructura del canal de riego para prevenir y mantener sus condiciones óptimas para la conducción de los caudales requeridos.

Esta carencia de información real sobre el nivel eficiencia de conducción de los canales de riego, conlleva a falta de correlación entre la eficiencia programada con la eficiencia obtenida y, esto a la vez, genera incumplimiento de las metas e incertidumbre de la población beneficiaria.

Generalmente el propósito de los canales de riego es lograr que los usuarios saquen mayor beneficio de sus recursos a través de un mejor aprovechamiento del agua



para riego, por lo que al conocer los parámetros que afectan el normal funcionamiento de los canales, principalmente la eficiencia de conducción se convierte en un aporte en relación al tema.

La investigación será un aporte para que los Usuarios, Municipalidad y organismos encargados de administrar estos servicios para que asuman nuevas políticas que direccionen hacia la sostenibilidad de este servicio, por afectar la economía en cuanto a la operación y mantenimiento de canales, por lo que se considera de relevancia dicha investigación.

2.1.4. Alcances, Limitaciones y restricciones de la investigación

La investigación tiene un alcance referencial para los profesionales que se dedican a la construcción de sistemas de irrigación y en especial para los que desarrollan estudios de diagnóstico y evaluación en obras ejecutadas, en el que se ha podido observar la necesidad de contar con información para desarrollar un diagnóstico de la situación de la eficiencia de conducción de sistemas de riego mediante un canal.

El presente trabajo de investigación estará limitado a determinar la eficiencia de conducción de 1.00 km. del canal de riego Remonta II - Distrito de Baños del Inca - Cajamarca. Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000, el cual es una zona representativa de la longitud del canal de 7.23km en un 13.83%, pues presenta las



diferentes características para la evaluación: estado de juntas en mal estado, roturas, grietas, así como zonas que han sido mejoradas.

La presente investigación está limitada a estudiar las variables correspondientes a caudales de ingreso, salida y estado de agrietamiento del tramo en estudio, con sus respectivas subvariables como: sección de ingreso y salida del canal, tirantes normales y máximos, velocidad media y superficial, mas no se ha considerado las variables como son: rugosidad, radios mínimos, frivor, aportes por lluvias, evaporación y zonas probables de desborde, por razones de tiempo y las condiciones para el desarrollo de estas variables.

El principal limitante es el acceso a la información, debido a la escasa capacitación de los beneficiarios en cuanto a mantenimiento de sistemas de riego actual y al corto tiempo de la investigación de dos meses de enero a marzo del 2013.

2.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Objetivo General

- ✓ Determinar la Eficiencia de Conducción de 1 Km, del canal de riego Remonta II - Distrito de Baños del Inca–Cajamarca. en el tramo Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000.



2.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar los caudales de entrada y salida durante un periodo de tiempo de dos semanas del canal de riego Remonta II en el tramo en estudio.
- ✓ Evaluar el estado del agrietamiento del canal de riego Remonta II en el tramo comprendido entre el Km 02+000 – 03+000.

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION

La eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II debido a las filtraciones, por el estado de su agrietamiento es baja.

2.4. VARIABLES

La evaluación considerará las siguientes variables.

❖ Variable independiente:

- ✓ Caudales de ingreso en el tramo en estudio.
- ✓ Caudales de salida en el tramo en estudio.
- ✓ Estado de agrietamiento del canal

❖ Variable dependiente:

- ✓ Eficiencia de Conducción: pérdidas de agua en el tramo del canal en estudio.



Tabla 2.1. Operacionalización de las variables de la hipótesis 1

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Indicadores	Unidades o categorías	escalas
VARIABLES INDEPENDIENTES R1: Caudales de ingreso en el tramo en estudio R2: Caudales de salida en el tramo en estudio R3: Estado de agrietamiento en el tramo en estudio	1. Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente líquida. 2. Evaluación del concreto que permita elaborar un diagnóstico (con sus causas), y emitir un pronóstico del comportamiento de la estructura.	1. Caudales de ingreso obtenido por el método de vertedor de pared delgada de sección rectangular 2. Caudales de salida obtenido por el método de vertedor de pared delgada de sección rectangular 3. Cantidad de deformaciones del concreto y su estado.	<ul style="list-style-type: none"> • l/s • l/s • unidad • Cuadros de evaluación del estado del agrietamiento del canal. 	<ul style="list-style-type: none"> • nominal
VARIABLE DEPENDIENTES: R1: Eficiencia de conducción del canal de riego remonta II	Es la relación entre el volumen de agua realmente utilizado, necesario para el riego y el volumen de agua que se entrega.	1. Eficiencia de conducción de 1Km del canal.	<ul style="list-style-type: none"> • % de pérdidas de agua por conducción 	<ul style="list-style-type: none"> • nominal

2.5. TIPOS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

2.5.1. Tipo de investigación

El tipo de estudio para la presente investigación es de tipo: Descriptiva, cuantitativo y cualitativo; el análisis cuantitativo será porque se presentaran valores numéricos y



porcentuales de las variables en estudio, y cualitativo porque se evaluara en función de las características y percepciones del estado de agrietamiento del concreto en el tramo en estudio.

2.5.2. Tipo de Análisis

El análisis ha sido descriptivo, cuantitativo y cualitativo, ya que se cuantificara la eficiencia de conducción y describe el estado de agrietamiento del canal en el tramo en estudio.

2.5.3. Localización y entorno local

✓ Localización y ubicación:

La provincia de Cajamarca está situada en la zona norte andina del Perú. Su capital Cajamarca, es una ciudad ubicada a 2750 m.s.n.m., a 7°09'12" de latitud sur y 78°30'57" de longitud oeste en el valle interandino del mismo nombre, la ciudad se puede divisar desde la colina Santa Apolonia. Cajamarca actualmente representa el núcleo económico, turístico, industrial, comercial, cultural y minero de la sierra norte del Perú.

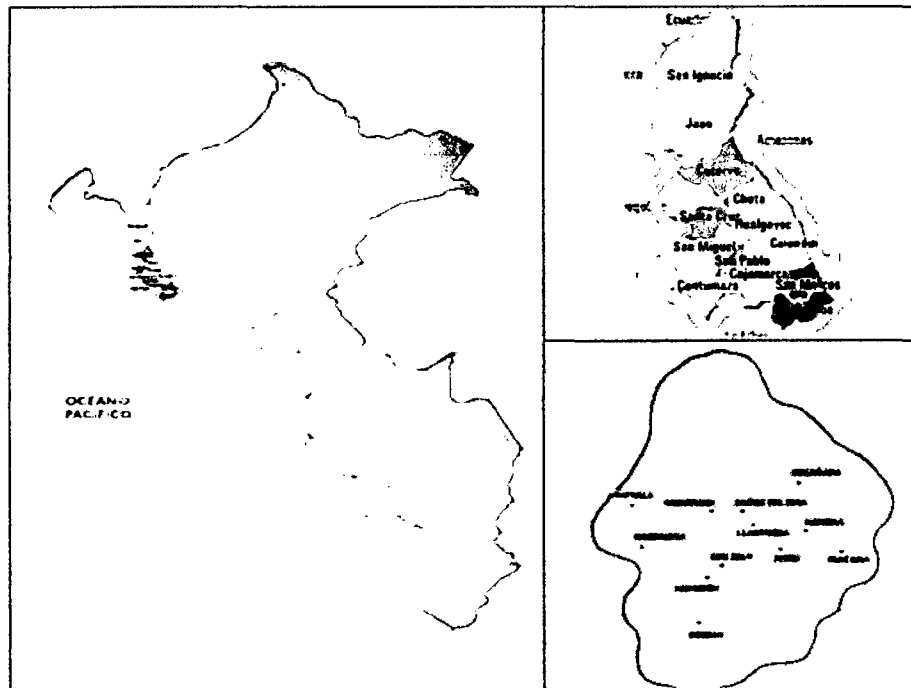


Figura 2.1. Ubicación geográfica de Cajamarca

Fuente: Extraído de Proyecto profesional terminal terrestre de Cajamarca

La provincia de Cajamarca tiene una extensión de 2,979.78 kilómetros cuadrados y se encuentra distribuida geopolíticamente en doce distritos:

Asunción, Chetilla, Cospán, Jesús, Llacanora, La Encañada, Los Baños del Inca, Magdalena, Matará y Namora.

El canal de riego pertenece políticamente al distrito Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. (Ver plano de ubicación de la zona en anexos.)

a) GEOGRAFICA

Coordenadas:

779 800E, 9 210 600N;

782 200, 9 210 600E;

779 800E, 9 205 600N;



782 200E, 9 205 600N
Entre 2630 y 2700 m.s.n.m.

b) HIDROGRÁFICA:

Microcuenca : Río Chonta
Sub Cuenca : Crisnejas
Cuenca : Marañón
Vertiente: Océano Atlántico

c) POLITICA

Departamento: Cajamarca
Provincia : Cajamarca
Distrito : Baños del Inca
Localidades : Tartar Chico y Huayrapongo

✓ Clima:

El clima de la zona de la investigación corresponde al templado, con amplitud térmica moderada.

La temperatura media anual es de 22°C y la mínima de 5°C.

La precipitación pluvial es muy variable de un año a otro y se encuentra irregularmente distribuida en el curso del año. La precipitación promedio anual es de 700 mm. Las lluvias se inician en Octubre y se prolongan hasta Abril, siendo mayores en los meses de Enero a Marzo y muy escasas entre mayo y septiembre.

La altitud promedio que presenta la zona en estudio fluctúa 2660 y 2670 m.s.n.m

Fuente: SENAMHI.



✓ **Ambiente Físico**

a) Relieves y Suelos

En la zona de estudio, el relieve topográfico es predominantemente plano con áreas de ligeramente inclinadas, presentando pendientes que se encuentran comprendidas entre el 2% y el 6%.

Los suelos son por lo general de alta profundidad, de textura variable entre media y fina, de ph sobre 7 y dependiendo mucho del material litológico dominante. Predominan los suelos arcillosos, franco-arenosos.

b) Geología

Siendo por lo general suelos orgánicos y calcáreos, pueden ser asimilados a Cambisoles éutricos (fértiles), Kastanozems y algunos Phaeozems. Los Litosoles y las Rendzinas (sobre materiales calcáreos) aparecen en aquellos lugares de suelos superficiales y ondulados buenos para la agricultura.

c) Litología y estratigrafía

La ubicación de la zona corresponde al sistema Cuaternario reciente. Su formación geológica consiste en depósitos aluviales y fluviales.

La zona que comprende el área de la investigación tiene las siguientes características geológicas:

✓ Huayrapongo.

Pertenecen a:



- K1-f
- Era: Mesozoico.
- Sistema: Cretáceo.
- Unidad estratigráfica: Inferior, grupo gollarisquisga, formación farrat.

d) Hidrografía

El área de estudio pertenece a la cuenca hidrográfica del río Chonta, el cual es un afluente del río Cajamarquino; muy favorable para las actividades agrícolas y ganaderas con un cuadro de cultivos muy amplio.

2.6. DISEÑO DE LA EJECUCIÓN DEL PLAN COMO DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. El universo de la investigación

En la ciudad de Cajamarca, los últimos años se han ido implementando diversos proyectos de irrigación, entre los cuales destacan los proyectos de captación de aguas, conducción y distribución de las mismas mediante canales con fines de riego agrícola, riego tecnificado, etc.

La siguiente investigación es parte del estudio de la conducción del agua con el fin de calcular la eficiencia de conducción, el canal en estudio se enmarca dentro de una red de canales de regadío en el distrito de Baños del Inca y distritos colindantes con el mismo. En Cajamarca existen muchos proyectos de canales para riego los cuales



están en diversas situaciones de operación y mantenimiento, este conjunto de canales son el universo del estudio de investigación.

2.6.2. Técnicas, instrumentos e informantes o fuentes para obtener los datos

Los instrumentos y técnicas utilizadas para la obtención de datos se dio a través de fichas de evaluación y/o diagnostico, con visitas e inspecciones oculares, haciendo uso de métodos de medición de agua o aforos como son el método del flotador acápite 1.2.2.3.1 del capítulo 1 (obtención del caudal aproximado del canal para diseño de vertederos de pared delgada) y el método de estructuras hidráulicas (Vertedero de pared delgada de sección rectangular) acápite 1.2.2.3.2 del capítulo 1 (para obtención de caudales de entrada y salida). Realizando las siguientes técnicas:

- ❖ **Recolección de información para la determinación de la eficiencia de conducción del canal:** Permitió obtener la información sobre la eficiencia de conducción del canal de riego. Se realizo a través de toma directa de datos y variables, realizando lo siguiente:
 - Ubicamos el tramo de canal a ser evaluado (1 km), del total de canal de regadío de 7.23 Km. El cual está revestido de concreto simple en toda su longitud, de sección rectangular en antecanal y trapezoidal en el canal principal. la ubicación del tramo es representativa del total del canal. Para su



elección se consideró la mejor accesibilidad a la zona, un tramo relativamente recto y que presente las condiciones referidas en el planteamiento del problema.

- **Obtuvimos las medidas reales de la sección del canal del punto de inicio del tramo (caudal de ingreso) y del punto final del tramo (caudal de salida).**
- **Determinamos el caudal aproximado del canal con el método del flotador.**
- **Con las medidas de la sección del canal y el caudal por el método del flotador, anteriormente planteado se diseñamos 2 vertederos de pared delgada, para calcular caudales de ingreso así como para los caudales de salida. Donde tomamos en cuenta el tirante en situación normal y el de máximas avenidas.**
- **Se trató de realizar la calibración utilizando el método volumétrico para encontrar el caudal para hallar el factor de corrección, para la calibración, se utilizó un recipiente de volumen conocido y anotamos el tiempo en que demora en llenarse, se realizó el procedimiento varias veces, pero por la gran cantidad de pérdidas que hubo y las condiciones adversas para la obtención de los caudales con mayor exactitud, que fueron: gran cantidad de caudal, dimensiones grandes del canal, etc. No se calibró el vertedero, pues los valores no eran confiables y al no poder encontrar el factor de corrección para el calibramiento se utilizó la fórmula general para la obtención de caudales por el método de pared delgada de sección rectangular.**
- **Determinamos los caudales de ingreso y salida del tramo en estudio, tomando 3 medidas en el punto de inicio (caudal de ingreso), y el punto final**



(caudal de salida) en un día. Del mismo modo realizamos el mismo procedimiento por el lapso de dos semanas inter diario. Haciendo uso de la ficha de toma de datos para esta etapa del estudio.

- Realizamos un registro fotográfico en las tomas de datos.
 - Luego con los caudales obtenidos en las mediciones de cada día nos sirvió para calcular la eficiencia de conducción del día en que se realizó la toma de datos. Este proceso se repitió durante el lapso que duró la toma de datos (dos semanas).
 - Una vez determinada las eficiencias de conducción durante el lapso de dos semanas se sacó un promedio para finalmente hallar la eficiencia de conducción del canal de riego Remonta II.
- ❖ **Recolección de información para la evaluación del agrietamiento del canal:**
- Permitió obtener información sobre el estado de agrietamiento del canal (roturas, grietas y juntas deterioradas). Esto se realizó a través de observación directa, realizando lo siguiente:
- Ubicamos las principales grietas, roturas en el tramo del canal de estudio y así mismo el diagnóstico de la condición de las juntas del mismo.
 - Medimos y describimos la condición de las principales grietas, roturas y juntas deterioradas. Haciendo uso de fichas de evaluación y/o diagnóstico.
 - Realizamos un registro fotográfico en todo el tramo en estudio y en cada una de las principales grietas, roturas y juntas deterioradas.
 - Realizamos un resumen de los detalles de las grietas, roturas y juntas, encontradas en el tramo con su respectiva descripción y fotografías.



2.6.3. Población y muestra

2.6.3.1. Identificación de la Población

En el presente estudio la población se considera al canal de riego Remonta II, del Distrito de Baños del Inca en su totalidad de 7.23 km.

2.6.3.2. Definición del tamaño de la Muestra

La muestra se considera a 1.00 Km. del canal de riego Remonta II. Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000.

2.6.4. Forma de tratamiento de los datos

Los datos obtenidos para la determinación de la eficiencia de conducción del canal, serán procesados y analizados en el programa de Microsoft Excel.

Los datos obtenidos en del diagnostico del estado de agrietamiento del canal (grietas, roturas y juntas), serán procesados en programa de Microsoft Excel y Word.

2.6.5. Forma de análisis de los datos

- **Recolección de datos** que permitan el conocimiento de los caudales de entrada y salida en el tramo en estudio.



- Visitas a instituciones en Cajamarca, como INRENA, FONCODES, CARE, etc., que tengan algún tipo de información sobre el tema, ya sea material de lectura, gráficos, estadísticas, planos, etc.
- Inspecciones oculares al canal remonta II, en el tramo en estudio para realizar la evaluación de la situación del agrietamiento del canal en estudio.

2.6.6. Cálculos y procedimiento

En la investigación realizada se realizaron diversos procesos, los cuales demandaron la elaboración de las herramientas para calcular y determinar la eficiencia de conducción y el diagnostico de la situación del agrietamiento del canal de Riego Remonta II. Las cuales se presentan a continuación.

2.6.6.1. Calculo de caudal aproximado utilizando el método del flotador

Calculamos la velocidad superficial: (obtenido por metodo de flotador)

* DATOS:

$$D = 10.00 \text{ m.}$$

TIEMPOS:

$$T1 = 31.78 \text{ Seg.}$$

$$T2 = 33.83 \text{ Seg.}$$

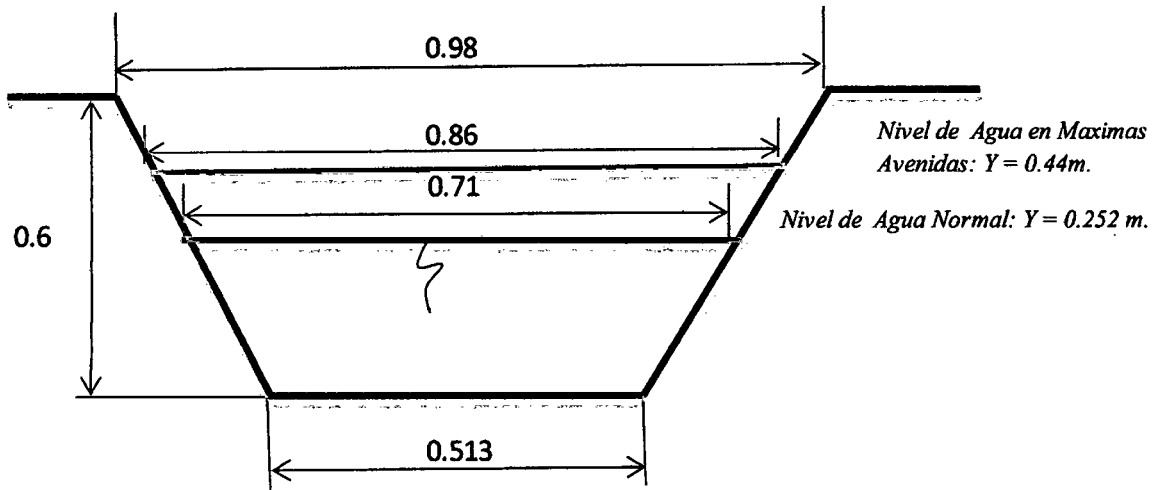
$$T3 = 31.08 \text{ Seg.}$$

$$T4 = 32.84 \text{ Seg.}$$

$$T(\text{Prom.}) = 32.38 \text{ Seg.}$$

$$v_{\text{superficial}} = 0.3088 \text{ m/seg.}$$

Ec.1.5(Cap. 1)



$$A = 0.15 \text{ m}^2$$

Finalmente calculamos el caudal:

$$Q = 0.0463 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ec.1.5 (Cap.1)

$$Q = 46.32 \text{ l/s}$$

si sabemos que la velocidad superficial calculada es 0.3088 m/seg.

para convertir la V_s en Velocida media utilizamo el fact.0.8

$$v_{media} = 0.247 \text{ m/s}$$

Ec.1.1(Cap.1)

Calculo del nuevo caudal:

$$Q = v_{media} * A \quad \text{Ec.1.6(Cap.1)}$$

$$\text{Area} = 0.15 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.0371 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 37.057 \text{ l/s}$$

Este caudal nos permitira diseñar el vertedero de pared delagada para caudal de salida

Esta caudal permitió realizar el diseño de los vertederos los cuales se presentan en el siguiente ítem.



2.6.6.2. Diseño de vertederos de pared delgada de sección rectangular

Como se indicó anteriormente, los vertederos son dispositivos hidráulicos que se emplean para determinación de caudales, permitiendo el paso del flujo que se desea medir a través de su escotadura con forma geométrica particular.

Se diseñó y fabricó un vertedero rectangular de pared delgada con dos contracciones para cada punto (en el punto de inicio y final), utilizando lámina de acero, con espesor igual a 2.5 mm. Como se muestra en la Fig. 2.4 y Fig. 2.5, Dimensiones obtenidas de acuerdo con el ancho del canal de llegada a utilizar y al volumen de agua estimado a circular a través de él, las secciones del canal en cada punto se muestran en la Fig.2.2 y Fig. 2.3.

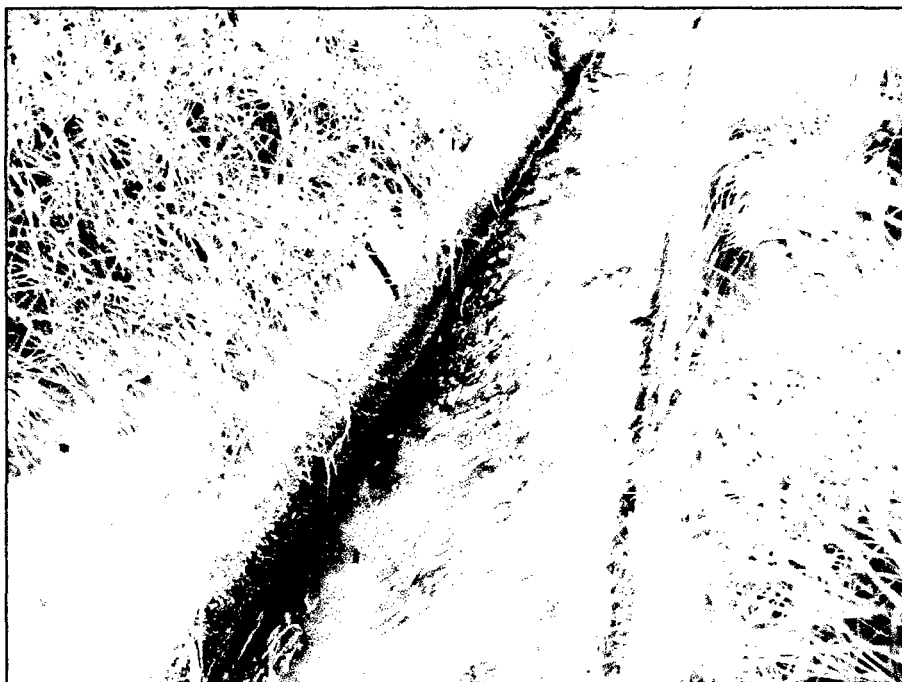


Figura. 2.2. Sección del canal en punto inicial

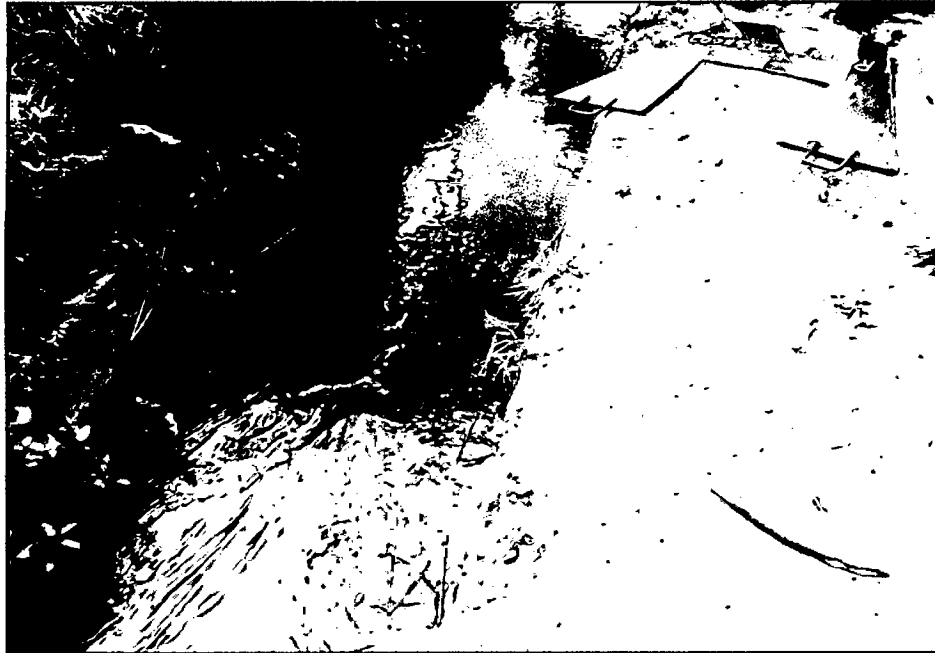
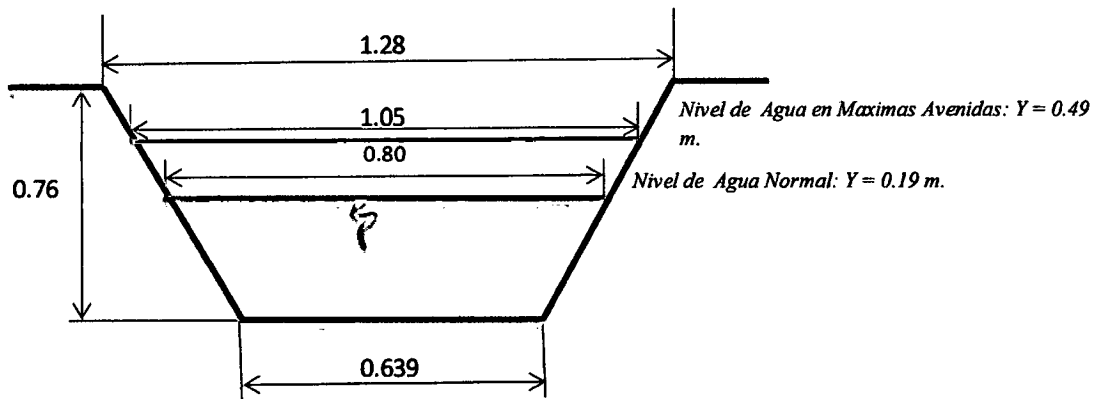


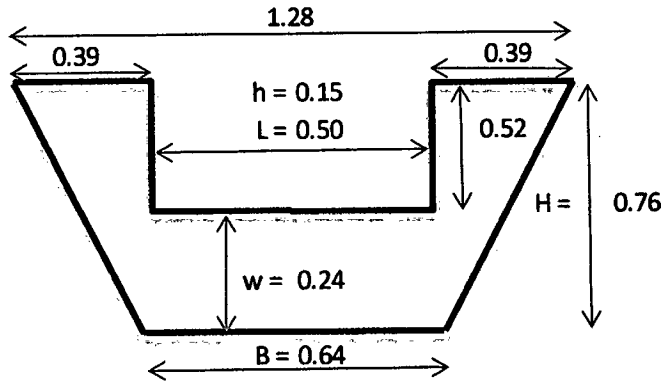
Figura. 2.3. Sección del canal en el punto final

-DISEÑO DE VERTEDOR PARA EL PUNTO INICIAL - PROG. 0 + 000 (CAUDAL DE INGRESO)



Datos obtenidos, usando el Metodo del Flotador.

$V_s =$	0.3088	m/seg.	
$A =$	0.150	m ² .	(Dato Obtenido del AutoCad)
$Q =$	0.0463	m ³ /seg.	Ec.1.6(Cap.1)



El espesor del vertero fue de 2.5mm, tomando en cuenta la Ec.1.7 donde $e < 0.5h$

Damos valores a h y L .

$h =$	0.15	m.
$L =$	0.50	m.

Ingresamos estos valores y las constantes en la Formula hasta llegar o mas del caudal por metodo del flotador:

Fórmula Para vertederos De Pared delgada (Sección Rectangular)

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g * L * h^3 * u} \quad \text{Ec.1.18(Cap.1)}$$

Donde:

Q : Caudal que fluye por el vertedero (m^3/s)

L : Ancho de la cresta (m)

h : Carga del vertedero (m)

g : Aceleración gravitacional ($9.8 m/s^2$) (m/s^2)

u : Coeficiente de gasto (Para nuestros calculos asumimos un valor de 0.60)

$\mu \approx 0.60$

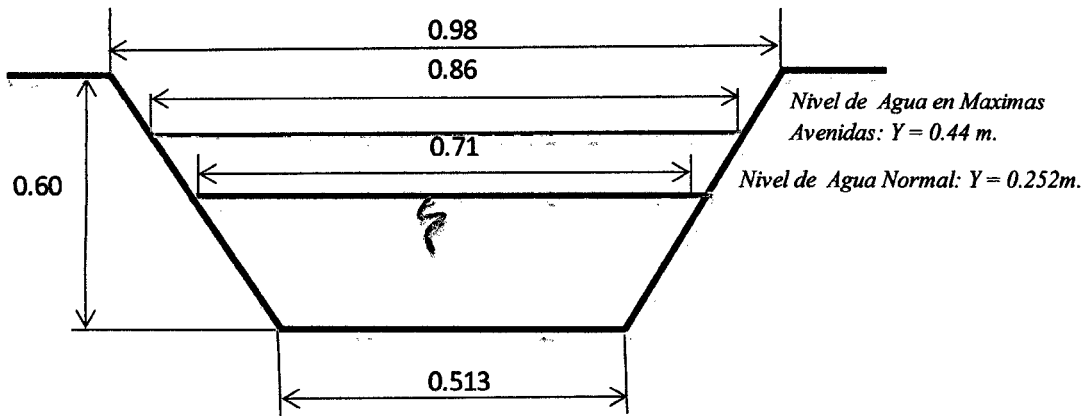
Reemplazando tenemos:

$$QI = 0.051 \quad m^3/seg.$$

Este valor se acerca al calculado por el método del flotador y debe ser un poco mas porque el encontrado por el método del flotador no es exacto, por lo que con estos valores se diseño el vertedero para este punto.



-DISEÑO DE VERTEDOR PARA EL PUNTO FINAL - PROG. 1 + 000 (CAUDAL DE SALIDA)



Calculo de la velocidad media:

$v_{superficial} = 0.3088 \text{ m/s}$ Factor = 0.8

$v_{media} = 0.24704 \text{ m/s}$ Ec.1.1(Cap.1)

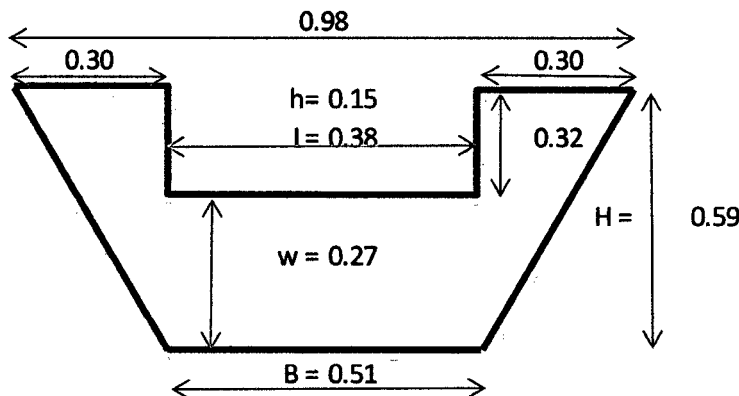
Calculo del nuevo caudal:

$Q = v_{media} * A$ Ec.1.6(Cap.1)

Area = 0.15 m²

$Q = 0.0371 \text{ m}^3/\text{s}$

NOTA: Para obtener la velocidad media, a la velocidad encontrada por el metodo del flotador (velocidad superficial) se le multiplica por el factor 0.8, teniendo en cuenta que la velocidad no es uniforme en toda la seccion transversal.





Para el diseño del vertedero, Damos valores a h y L.

$$\begin{aligned} h &= 0.15 \text{ m.} \\ L &= 0.38 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ingresamos valores en la Formula, esperando llegar al caudal inicial o un poco mas:

Fórmula Para vertederos De Pared delgada (Sección Rectangular)

$$Q = 2/3 * \sqrt{2 * g} * L * h^{3/2} * u$$

Ec.1.18(Cap.1)

Donde:

- Q: Caudal que fluye por el vertedero (m³/s)
- L: Ancho de la cresta (m)
- h: Carga del vertedero (m)
- g: Aceleración gravitacional (9.8 m/s²) (m/s²)
- u: Coeficiente de gasto
- $\mu \approx 0.60$

Reemplazando tenemos:

$$Q = 0.039 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Este caudal sobrepasa a la velocidad media, este caudal permitió diseñar el vertedero de pared delgada para el punto final.

Luego de efectuar el proceso de diseño, corte y biselado de la cresta del vertedero, se encuentra preparado para su utilización en el canal en su respectivo punto para la toma de datos. Los vertederos diseñados se muestran en la Fig. 2.4 y Fig.2.5.

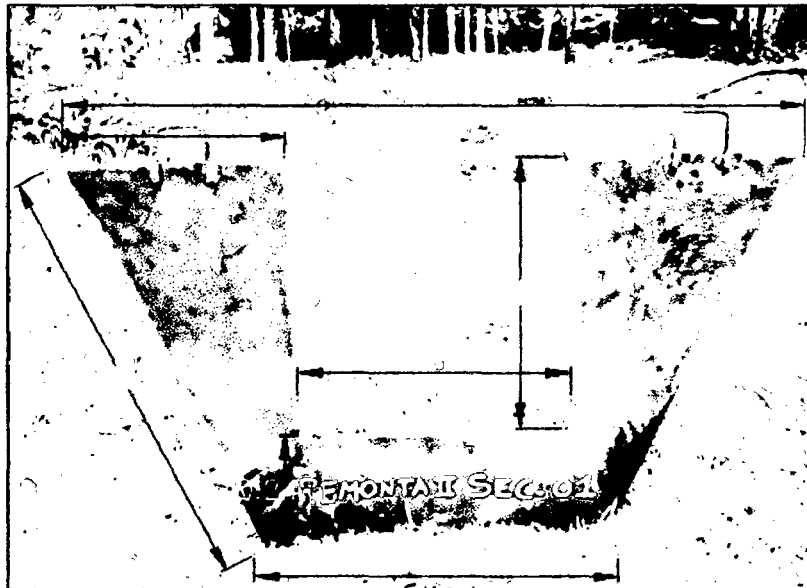


Figura. 2.4. Sección del vertedor en el punto de inicio

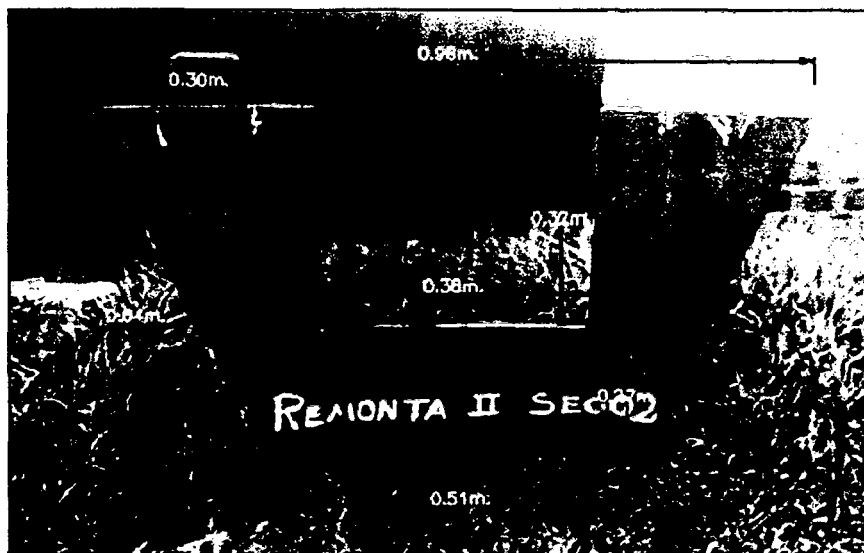


Figura. 2.5. Sección del vertedor en el punto final

Luego debemos realizar el calibramiento de los vertederos para el punto inicial y final, encontrando el respectivo factor de corrección en el caso en que difieran los caudales hallados, en el caso de esta investigación no se pudo realizar el calibramiento por no poder encontrar las condiciones de medición volumétrica del



caudal, tal como se describe en el ítem de técnicas e instrumentos para la obtención de datos, por lo que se utilizó la fórmula general del método de pared delgada de sección rectangular.

2.6.6.3. Realización del proceso de toma de datos

- Esta toma de datos se realiza utilizando los vertederos de pared delgada rectangulares con dos contracciones diseñados para efectuar los aforos, para el caso de la determinación de la eficiencia de conducción del canal en el tramo en estudio.
- Para el caso de la evaluación del estado del agrietamiento del canal se realizó una inspección ocular minuciosa en todo el recorrido para la descripción, medición y evaluación de grietas, roturas y situación de juntas.

❖ Obtención de datos para determinación de eficiencia de conducción del canal Remonta II.

Fijamos el vertedero rectangular utilizando yeso como adhesivo y sellador para evitar filtraciones en sus bordes que pudieran afectar las lecturas.

Medimos la distancia $d > 4H$, donde se deberán tomar las alturas de carga para realizar los cálculos, distancia que tiene un valor de $d = 60$ cm.

Realizamos 03 lecturas de carga H y en punto de inicio y final simultáneamente interdiario por el lapso de dos semanas, y vaciamos estas lecturas y las condiciones del mismo en la ficha de evaluación que se encuentra en anexos A Y B de este documento de investigación.



Figura. 2.6. Vertedero rectangular con dos contracciones en funcionamiento

Presentación de datos obtenidos

Los datos obtenidos se presentan por día, desde el martes 15 de enero del 2013 hasta el viernes 25 de enero del 2013.

Tabla 2.2. Obtención de caudales de entrada y salida del día 1

DÍA:		Martes, 15 de Enero del 2013		
DATOS	UNID.	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del Vertedero (B)	m.	0.639	0.639	0.639
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.240	0.240	0.240
Longitud de Cresta (L):	m.	0.500	0.500	0.500
Carga Hidraulica (h):	m.	0.151	0.150	0.154
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6562	0.6562	0.6565
Caudal de Ingreso **	m ³ /s.	0.057	0.056	0.059
Caudal Promedio de Ingreso	m ³ /s.		0.057	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del Vertedero (B)	m.	0.513	0.513	0.513
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.270	0.270	0.270
Longitud de Cresta (L):	m.	0.380	0.380	0.380
Carga Hidraulica (h):	m.	0.164	0.166	0.168
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6476	0.6477	0.6478
Caudal de Salida **	m ³ /s.	0.048	0.049	0.050
Caudal Promedio de Salida	m ³ /s.		0.049	



Tabla 2.3. Obtención de caudales de entrada y salida del día 2

DIA:		Jueves, 17 de Enero del 2013		
DATOS	UNID.	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del Vertedero (B)	m.	0.639	0.639	0.639
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.240	0.240	0.240
Longitud de Cresta (L):	m.	0.500	0.500	0.500
Carga Hidraulica (h):	m.	0.150	0.156	0.158
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6562	0.6566	0.6568
Caudal de Ingreso **	m3/s.	0.056	0.060	0.061
Caudal Promedio de Ingreso	m3/s.		0.059	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del Vertedero (B)	m.	0.513	0.513	0.513
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.270	0.270	0.270
Longitud de Cresta (L):	m.	0.380	0.380	0.380
Carga Hidraulica (h):	m.	0.165	0.168	0.167
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6476	0.6478	0.6477
Caudal de Salida **	m3/s.	0.049	0.050	0.050
Caudal Promedio de Salida	m3/s.		0.049	

Tabla 2.4. Obtención de caudales de entrada y salida del día 3

DIA:		Sabado, 19 de Enero del 2013		
DATOS	UNID.	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del Vertedero (B)	m.	0.639	0.639	0.639
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.240	0.240	0.240
Longitud de Cresta (L):	m.	0.500	0.500	0.500
Carga Hidraulica (h):	m.	0.154	0.153	0.159
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6565	0.6564	0.6568
Caudal de Ingreso **	m3/s.	0.059	0.058	0.061
Caudal Promedio de Ingreso	m3/s.		0.059	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del Vertedero (B)	m.	0.513	0.513	0.513
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.270	0.270	0.270
Longitud de Cresta (L):	m.	0.380	0.380	0.380
Carga Hidraulica (h):	m.	0.163	0.164	0.165
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6475	0.6476	0.6476
Caudal de Salida **	m3/s.	0.048	0.048	0.049
Caudal Promedio de Salida	m3/s.		0.048	

En esta semana hubo mayor caudal por lo que nos permitió ver los efectos en ambas situaciones con caudal normal y con mayor caudal.



Tabla 2.5. Obtención de caudales de entrada y salida del día 4

DIA:		Lunes, 21 de Enero del 2013		
DATOS	UNID.	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del Vertedero (B)	m.	0.639	0.639	0.639
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.240	0.240	0.240
Longitud de Cresta (L):	m.	0.500	0.500	0.500
Carga Hidraulica (h):	m.	0.309	0.297	0.296
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6762	0.6745	0.6744
Caudal de Ingreso **	m ³ /s.	0.171	0.161	0.160
Caudal Promedio de Ingreso	m ³ /s.	0.164		
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del Vertedero (B)	m.	0.513	0.513	0.513
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.270	0.270	0.270
Longitud de Cresta (L):	m.	0.380	0.380	0.380
Carga Hidraulica (h):	m.	0.323	0.325	0.324
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6630	0.6632	0.6631
Caudal de Salida **	m ³ /s.	0.137	0.138	0.137
Caudal Promedio de Salida	m ³ /s.	0.137		

Tabla 2.6. Obtención de caudales de entrada y salida del día 5

DIA:		Miercoles, 23 de Enero del 2013		
DATOS	UNID.	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del Vertedero (B)	m.	0.639	0.639	0.639
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.240	0.240	0.240
Longitud de Cresta (L):	m.	0.500	0.500	0.500
Carga Hidraulica (h):	m.	0.306	0.303	0.305
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6757	0.6753	0.6756
Caudal de Ingreso **	m ³ /s.	0.169	0.166	0.168
Caudal Promedio de Ingreso	m ³ /s.	0.168		
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del Vertedero (B)	m.	0.513	0.513	0.513
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.270	0.270	0.270
Longitud de Cresta (L):	m.	0.380	0.380	0.380
Carga Hidraulica (h):	m.	0.321	0.327	0.329
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6628	0.6635	0.6637
Caudal de Salida **	m ³ /s.	0.135	0.139	0.141
Caudal Promedio de Salida	m ³ /s.	0.138		



Tabla 2.7. Obtención de caudales de entrada y salida del día 6

DIA:		Viernes, 25 de Enero del 2013		
DATOS	UNID.	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del Vertedero (B)	m.	0.639	0.639	0.639
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.240	0.240	0.240
Longitud de Cresta (L):	m.	0.500	0.500	0.500
Carga Hidraulica (h):	m.	0.242	0.240	0.244
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6668	0.6666	0.6671
Caudal de Ingreso **	m ³ /s.	0.117	0.116	0.119
Caudal Promedio de Ingreso	m ³ /s.	0.1172		
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del Vertedero (B)	m.	0.513	0.513	0.513
Umbral del Vertedero (W)	m.	0.270	0.270	0.270
Longitud de Cresta (L):	m.	0.380	0.380	0.380
Carga Hidraulica (h):	m.	0.268	0.266	0.265
Coefficiente de Gasto (μ) *	s/u	0.6569	0.6567	0.6566
Caudal de Salida **	m ³ /s.	0.102	0.101	0.101
Caudal Promedio de Salida	m ³ /s.	0.1013		

* Para el calculo del coeficiente de gasto (μ) se utiliza la formula descrita en la Ec.1.17 (Cap. 1)

** Para el calculo del caudal se utiliza la formula descrita en la Ec.1.18 (Cap.1- vertederos de sección rectangular)

Estos caudales de inicio y salida obtenidos en todos los días de la investigación son los insumos para calcular las eficiencias promedio por día y la eficiencia del canal remonta II, en el tramo en estudio. Los cuales se presentaran en el capitulo III, en obtención de resultados.



❖ **Obtención de datos para evaluación de estado de agrietamiento del canal**

Remonta II.

Realizamos el reconocimiento visual por cada progresiva (0+000, 0+100.00, 0+200.00, ... 1+000.00) para evaluar en que punto se encontraba algún desperfecto en el revestimiento del canal (Grieta, Junta y Rotura).

En el punto donde se encontraba alguno de estos desperfecto se describió en que progresiva, tipo de desperfecto, profundidad, espesor, longitud y código.

Se procedía a tomar una fotografía en cada desperfecto con su código correspondiente.



Figura. 2.7. Condición de grieta en una progresiva del canal

⚡ **Presentación de datos obtenidos del estado del agrietamiento del canal**

La información se recolecto en una ficha de evaluación la cual se presenta en la tabla 2.8. Y presenta la presencia de roturas y en mayor cantidad de pésima condición de las juntas asfálticas de los paños del canal.



Tabla 2.8. Obtención de datos de la condición del agrietamiento del canal Remonta II

NUMERO	PROGRESIVA Km.	TIPO			PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR (cm)	LONGITUD (cm)	CODIGO	OBSERVACIONES Y/O GRAFICA
		GRIETA	ROTURA	JUNTAS					
1	0+085		x		40	24	60	R1	PRESENCIA DE GRAMA
2	0+137.30			x	10	5	38	J1	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
3	0+142.50			x	8	4	55	J2	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
4	0+174.50		x		15	13	50	R2	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
5	0+179.80			x	8	3	45	J3	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
6	0+193.00		x		30	44	78	R3	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
7	0+221.70			x	10	3.5	37	J4	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
8	0+242.30			x	9	5	35	J5	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
9	0+271.60			x	9	4	50	J6	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
10	0+323.70			x	18	4	42	J7	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
11	0+332.50			x	11	4	55	J8	PRESENCIA DE GRAMA
12	0+350.00			x	14	4	45	J9	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
13	0+500.00			x	10	4	50	J10	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
14	0+503.00			x	15	4	55	J11	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
15	0+519.00			x	10	4	50	J12	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
16	0+524.70			x	12	4	55	J13	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
17	0+527.80			x	10	3	45	J14	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
18	0+537.00			x	10	3	50	J15	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
19	0+590.00			x	13	4	60	J16	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
20	0+704.50			x	11	5	60	J17	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
21	0+718.30			x	9	3	40	J18	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
22	0+726.80		x		15	2	50	R4	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
23	0+763.30			x	20	1.5	60	J19	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
24	0+766.30			x	20	2	60	J20	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
25	0+772.30			x	15	2	60	J21	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
26	0+775.30			x	15	1.5	60	J22	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
27	0+778.30			x	15	2	60	J23	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
28	0+833.50			x	18	2	60	J24	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
29	0+836.50			x	15	2	60	J25	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
30	0+839.30			x	15	2	60	J26	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
31	0+883.00			x	13	4	60	J27	
32	0+889.00			x	15	4	60	J28	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
33	0+942.20			x	10	4	60	J29	
34	0+948.20			x	12	3.5	50	J30	
35	0+953.00			x	15	3	50	J31	



✚ Solución para el tratamiento de las grietas y corrección de las fallas

Para Juárez L. -2004, plantea que debemos tener claro que virtualmente todas las técnicas de reparación de grietas distintas a la inyección, han probado ser fijaciones temporales. Estos métodos incluyen: la aplicación de membrana líquida, la incorporación de membranas de fibra de vidrio entre las capas de epóxico, sensores de todos los tipos instalados sobre las superficies o sobre la grieta previamente abierta, el uso de masillas y pastas epóxicas para sellar las fallas, y la lista continúa.

En el lapso de uno a veinte años en cualquiera de las técnicas mencionadas, la falla está asegurada. En algunos casos, los materiales de reparación superficial se debilitarán por el envejecimiento, o bien se despegarán de la superficie a causa de los rayos ultravioleta o en este caso por desgaste debido al paso continuo de agua en el canal. Con frecuencia las grietas se alargan, especialmente cuando hay cargas vivas u ocurren cambios de temperatura significativos. El tráfico peatonal también hace su parte. Pero la falla más común se debe al desgaste de los materiales de reparación. Es necesario entender bien este factor de desgaste para apreciar en toda su extensión la probabilidad de falla de los procesos de reparación, los cuales simplemente colocan un puente en la grieta, no la llenan.

Las grietas en el concreto que están expuestas a los cambios de temperatura por el cambio de estaciones, se abren y cierran en su totalidad conforme el concreto



cambia anualmente en la totalidad de su masa. Sin embargo, la boca de la grieta se abre y se cierra con mucha mayor frecuencia a medida que la superficie de concreto se mueve lentamente de regreso o hacia adelante en respuesta a los cambios diarios de temperatura; y en muchas áreas esto sucede con mayor frecuencia, debido a las exposiciones alternas al calor de la luz del sol y al frío de las sombras durante el día.

Aunque la cantidad de movimiento puede ser poca y la grieta estrecha, la falla es de todas formas inevitable, ya que el material de reparación desgastado se deforma repetidamente por este abrirse y cerrarse de la grieta.

En comparación a lo anterior, un epóxico inyectado es una fijación permanente por estas razones:

- La resina llena la grieta en lugar de hacer un puente, evitando la entrada del agua, aire de la atmósfera, y protegiendo del proceso de corrosión la parte expuesta del acero de refuerzo.
- Las altas resistencias de unión y tensión de los epóxicos evitan el abrirse y cerrarse de la grieta, así como su alargamiento.
- Y la resina inyectada no es vulnerable al clima, los rayos ultravioleta y el tráfico peatonal.



CAPITULO III. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis e interpretación de los resultados de la Investigación

3.1.1. Determinación de la eficiencia de conducción del canal Remonta II.

Con los datos obtenidos de la investigación en el canal remonta II, se procede a calcular los caudales de entrada y salida por el método de estructuras de medida, por el vertedero de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones, para cada punto y altura (03 medidas) y luego se calcula el promedio que será el caudal de entrada y salida para cada día (2 semanas).

Tabla 3.1. Calculo de caudales promedio de entrada y salida canal Remonta II

DIA	AFOROS			CAUDALES	
	1	2	3	PROMEDIO QI (m ³ /seg.)	PROMEDIO QS (m ³ /seg.)
15/01/2013	0.0569	0.0563	0.0586	0.0572	0.0492
	0.0483	0.0492	0.0501		
17/01/2013	0.0563	0.0597	0.0609	0.0590	0.0495
	0.0487	0.0501	0.0496		
19/01/2013	0.0586	0.0580	0.0615	0.0594	0.0483
	0.0478	0.0483	0.0487		
21/01/2013	0.1715	0.1612	0.1603	0.1643	0.1372
	0.1366	0.1379	0.1372		
23/01/2013	0.1689	0.1663	0.1680	0.1677	0.1383
	0.1353	0.1392	0.1405		
25/01/2013	0.1172	0.1157	0.1187	0.1172	0.1013
	0.1023	0.1011	0.1005		

Como podemos observar en la tabla 3.1 los caudales obtenidos en los tres primeros días son menores que los tres últimos días, teniendo como caudal de ingreso y salida máximos 0.1677 m³/seg. Y 0.1383 m³/seg. Respectivamente, caudales



correspondientes al quinto día de la investigación, esto se dio por la condición climática que cambio de una semana a otra la cual aumento el caudal, y como podemos ver hay un cambio considerable lo cual nos permite ver la implicancia del cambio de caudales en la obtención de la eficiencia de conducción como se mostrara posteriormente.

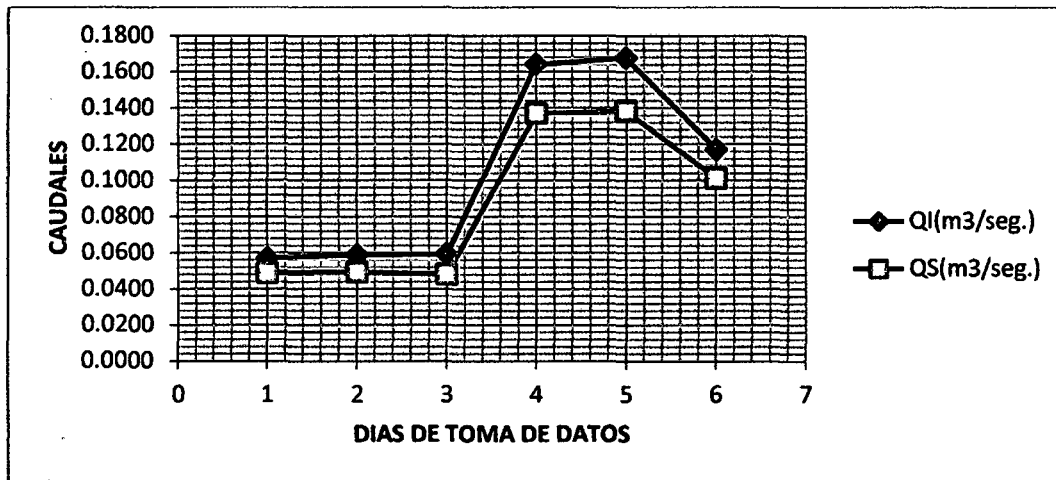


Figura. 3.1. Caudales de entrada y salida del canal Remonta II

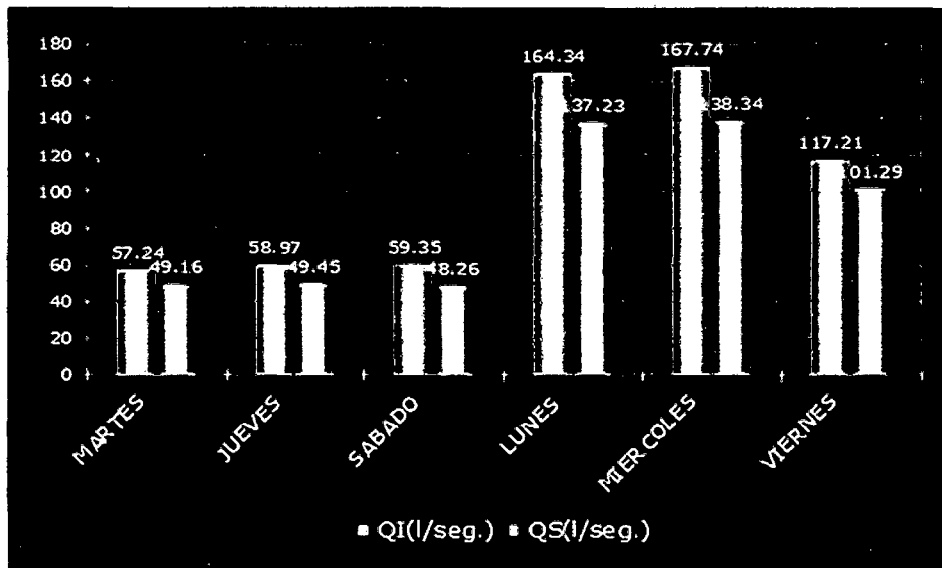


Figura. 3.2. Distribución de caudales de entrada y salida del canal Remonta II



Como podemos ver en la figura 3.1 y figura 3.2, los caudales de ingreso son mayores que los de salida, por lo que podemos deducir que existen perdidas en el recorrido del tramo en estudio, también muestra que los primeros días los caudales son menores que los últimos, y existe un pico en el quinto día, lo que muestra que ese día el caudal fue mayor.

Luego de realizar la obtención de los caudales de entrada y salida del canal remonta II, en el periodo de dos semanas interdiario, calculamos la eficiencia de conducción del canal remonta II, en cada uno de los días y finalmente nos llevo a calcular el promedio la cual es la eficiencia de conducción del canal en el tramo en estudio. Este cálculo se presenta en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Calculo de la eficiencia de conducción del canal Remonta II

DIA	QI (m3/seg.)	QS (m3/seg.)	EFICIENCIA DE CONDUCCION (%)
15/01/2013	0.0572	0.0492	86.01
17/01/2013	0.0590	0.0495	83.90
19/01/2013	0.0594	0.0483	81.31
21/01/2013	0.1643	0.1372	83.51
23/01/2013	0.1677	0.1383	82.47
25/01/2013	0.1172	0.1013	86.43
EFICIENCIA DE CANAL REMONTA II			83.94

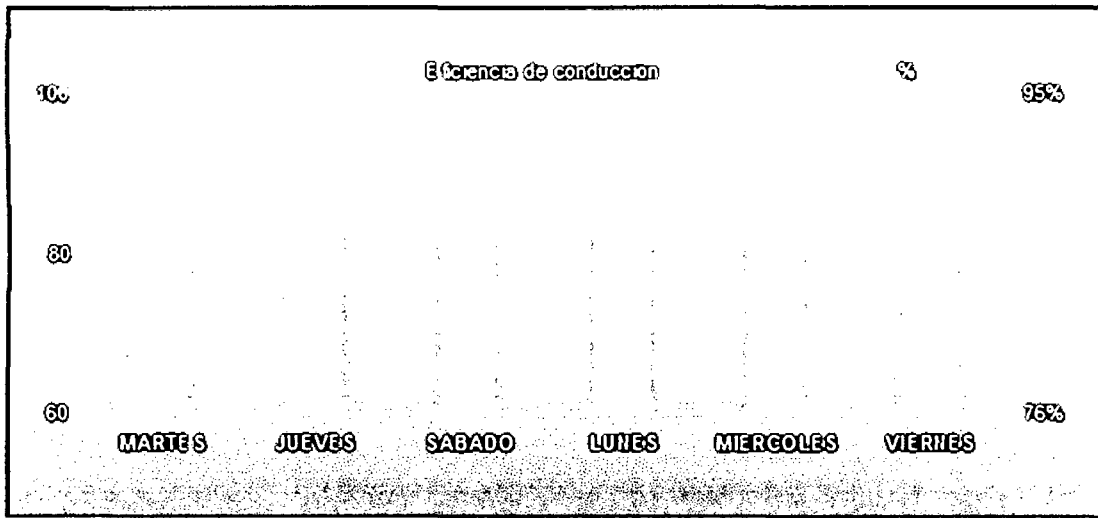


Figura. 3.3. Eficiencia de conducción del canal Remonta II

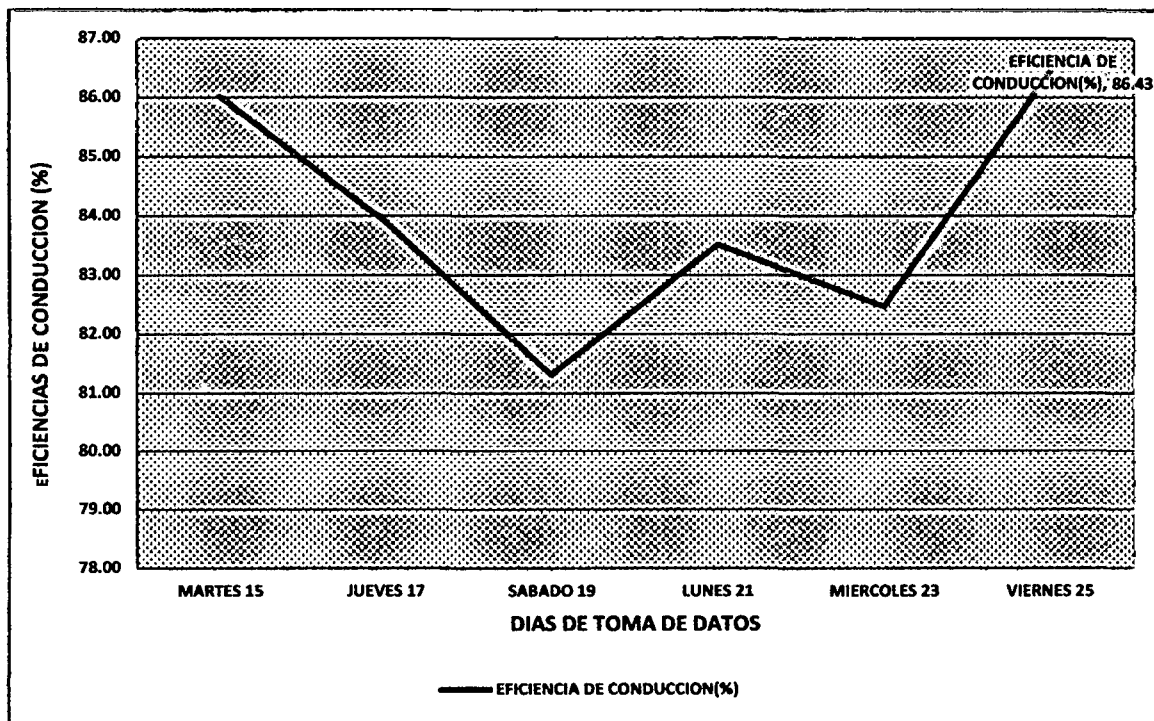


Figura. 3.4. Distribución de eficiencias de conducción del canal Remonta II



Observamos en las figuras 3.3 y 3.4, que la eficiencia de conducción mas alta se registró en el día viernes con 86.43% y la más baja el día sábado con 81.31%, ello ocurrió por las condiciones climáticas principalmente, la toma de datos interdiario y por el lapso de dos semanas permitió conocer mas la variación de los caudales y por ello calcular con mayor exactitud la eficiencia de conducción del canal la cual es 83.94%, este valor se debe a la condición del revestimiento del canal lo cual se traduce en perdidas, como podemos apreciar tampoco existe ninguna relación en el cambio de caudales de entrada y salida (menor a mayor caudal de un semana a otra), ello permite conocer la importancia de realizar un mantenimiento permanente en los canales revestidos de concreto simple para evitar el desmedro de la infraestructura y por ende afecte a la agricultura y población beneficiaria de este tipo de canales.

Las pérdidas de agua producidas en el tramo se considera solo por infiltraciones mas no por evaporación, ya que no se considera como variable de evaluación en el trabajo de investigación.

3.1.2. Evaluación del estado del agrietamiento del canal Remonta II.

Con la inspección visual y la evaluación realizada al tramo en estudio, de todas las deformaciones (roturas y condición de juntas) se pudieron identificar las mas importantes roturas y el deterioro de las juntas, las cuales se encontraron en las diversas progresivas y con diferentes características, como se muestra en la tabla 3.3 y 3.4



Tabla 3.3. Resumen de deformaciones en tramo en estudio

TIPO DE DE DEFORMACION	CANTIDAD
Roturas	04
Deterioro de juntas	31
TOTAL	35

Tabla 3.4. Resumen del estado del agrietamiento mas importantes

NUMERO	PROGRESIVA Km.	TIPO ROTURA JUNTAS	PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR (cm)	LONGITUD (cm)	CODIGO	OBSERVACIONES Y/O GRAFICA
1	0+085	x	40	24	60	R1	PRESENCIA DE GRAMA
2	0+137.30	x	10	5	38	J1	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
3	0+142.50	x	8	4	55	J2	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
4	0+174.50	x	15	13	50	R2	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
5	0+193.00	x	30	44	78	R3	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
6	0+221.70	x	10	3.5	37	J4	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
7	0+242.30	x	9	5	35	J5	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
8	0+271.60	x	9	4	50	J6	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
9	0+323.70	x	18	4	42	J7	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
10	0+350.00	x	14	4	45	J9	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
11	0+503.00	x	15	4	55	J11	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
12	0+590.00	x	13	4	60	J16	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
13	0+704.50	x	11	5	60	J17	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
14	0+726.80	x	15	2	50	RA	PRESENCIA DE GRAMA Y PLANTAS
15	0+766.30	x	20	2	60	J20	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
16	0+833.50	x	18	2	60	J24	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO
17	0+889.00	x	15	4	60	J28	UNION DE PAÑO VIEJO CON NUEVO SIN SELLO ASFALTICO

Como podemos observar se identificaron cuatro roturas mas importantes, las cuales las tres mas importantes se encontraron en los 200 metros, lo cual indica que generalmente son en los primeros tramos del canal donde se encuentran las mayores situaciones de deterioro, otro factor importante en la situación del agrietamiento es la condición de las juntas, donde la mayoría tiene presencia de plantas y grama la que rompe y debilita el concreto, también la situación de deterioro del sello asfalto y en algunos casos falta de ello, hace que las perdidas en el tramo en estudio sean muchas y den como resultado la eficiencia de conducción hallado en esta investigación.



3.2. Contrastación de la hipótesis

La hipótesis planteada en la presente investigación: “La eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II debido a las filtraciones, por el estado de su agrietamiento es baja.”, es válida por presentar una eficiencia de conducción de 83.94%, la cual esta unos 10% menos aproximadamente de la eficiencia de conducción de canales de revestimiento de concreto simple en condiciones nuevas hasta los 20km como se observa en el ítem 1.2.1.13. Parámetros de eficiencia de conducción de canales revestidos del marco teórico. Esto se debe a la situación de deterioro del estado del agrietamiento del canal que implica las condiciones de déficit de sello asfáltico en juntas, presencia de grietas y roturas en el tramo en estudio con desprendimiento del material cementante. Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000.



CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. La eficiencia de Conducción del canal de riego Remonta II debido a las filtraciones, por el estado de su agrietamiento es baja. En el tramo en estudio de 1Km, Comprendido entre el Km 02+000 – 03+000. Pues la eficiencia de conducción del canal como resultado de la investigación es 83.94%.
2. Los caudales de entrada y salida durante un periodo de tiempo de dos semanas del canal de riego Remonta II en el tramo en estudio, difirieron en los diferentes días en cada semana, por condiciones climáticas.
 - Caudal de ingreso máximo: $0.167\text{m}^3/\text{seg}.$
 - Caudal de ingreso mínimo: $0.057\text{m}^3/\text{seg}.$
 - Caudal de salida máximo: $0.138\text{m}^3/\text{seg}.$
 - Caudal de salida mínimo: $0.0492\text{m}^3/\text{seg}.$
3. La evaluación del estado del agrietamiento del canal de riego Remonta II en el tramo en estudio, arroja una pésima condición de las juntas asfálticas, muchas de ellas sin sello asfaltico, así como importantes roturas por el desprendimiento del concreto.



TIPO DE DE DEFORMACION	CANTIDAD
Roturas	04
Deterioro de juntas	31
TOTAL	35

4. Para efectos de fabricación se puede indicar que los vertederos rectangulares de pared delgada con dos contracciones son de los dispositivos de aforo más económicos, debido a su sencillez y simplicidad de diseño.

4.2. RECOMENDACIONES

1. A los profesionales y académicos se les plantea la importancia de realizar un estudio completo de todo el recorrido de un canal para obtener datos más confiables y exactos.
2. La facultad de ingeniería civil de la universidad nacional de Cajamarca debe realizar mas investigaciones en el tema que permitirá conocer con mayor precisión la eficiencia de conducción de canales, y así tener información fiable para el diseño y construcción de canales de revestimiento de concreto simple en nuestra región.
3. Las autoridades directas en la gestión de un canal de regadío deben proponerse ejecutar un plan de capacitación e involucramiento



permanentemente a los beneficiarios de los canales para asegurar el cuidado y buen uso de la infraestructura.

4. A Los investigadores que realizan mediciones de caudal con vertederos rectangulares de pared delgada, se recomienda tomar en cuenta que el flujo sobre la cresta sea libre y no presente escurrimientos en sus paredes, ya que esto afectará la precisión de las fórmulas, dando resultados no confiables.

5. En función de la información obtenida en la investigación se recomienda a los representantes de la junta de regantes del canal realizar un mejoramiento y mantenimiento de los paños en mal estado del canal con técnicas de restauración adecuadas para este caso (remoción y reposición de paños en mal estado e inyección de epoxicos en grietas y roturas)



CAPITULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bello M; Pino M. 2000. Chile: Medición de presión y caudal. Boletín N°28 Instituto de investigaciones agropecuarias comisión nacional de riego (INIA). 20p.
- Casanova, D. 2003. Taller teórico práctico sobre riego, presentaciones del taller celebrado en San Juan de Río Coco, PESA Nicaragua/Acción Contra el Hambre.
- De la Torre C; Sierra R. 2000. Proyecto de riego en comunidades campesinas andinas: Una propuesta metodológica de seguimiento y evaluación. GPER INKA. 240p.
- Franco, R. 2009. evaluación de la eficiencia del uso del agua con fines agrícolas en la cuenca del rio chili. Arequipa-Peru. 64p.
- GRASSI, C. Riego por surcos en suelos pesados. Mérida, Ven., CIDIAT. 1973. 165 p. (Materiales de enseñanza. Doc. 73)
- Gramajo Barrios. Edgar Enrique. Grietas en edificaciones de concreto: causas, prevención y control. Caso: Proyecto Nimajuyú, Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala., 1984. págs 17-22
- Juárez L., Grietas en el concreto reforzado del canal de aducción del proyecto hidroeléctrico Palín II. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala., 2004. 145p.



- Lux, M. 2010. Medidores de flujo en canales abiertos. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 138p.
- Nakamura Y. 2000. Chile: Estudio económico de distintos tipos de conducción de agua. Boletín N°44 del Instituto de investigaciones agropecuarias comisión nacional de riego (INIA). 35p.
- Martínez, M; Fernández, D. 2012. Diseño hidráulico de un canal de llamada. secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SEGARPA). Montecillo, México. 26p.
- Palacios, E. 2004. La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. México. Colegio de posgraduados Montecillo. 250p.
- Pirque, Marzo del 2009. Ventajas que ofrece el revestimiento de los canales. Asociación Canales de Maipo. 6p.
- Serrano F, 1998. Madrid. Patología de la edificación. El lenguaje de las grietas. Fundación Escuela de la Construcción. 1389p.
- Sotelo, G. 1997. Hidráulica general volumen 1-Fundamentos. Mexico. Profesor titular de la universidad autónoma de México. 561p.
- Torres Sotelo, A. 1996. Metodología Para la Medición de la Velocidad de Flujo en un Canal. Profesor titular de la universidad autónoma de México. 165p.
- <http://www.arqhys.com/construccion/grietas-formacion.html>



ANEXOS

ANEXO A

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES DE INGRESO
METODO DEL VERTEDERO DE PARED DELGADA - SECCION RECTANGULAR

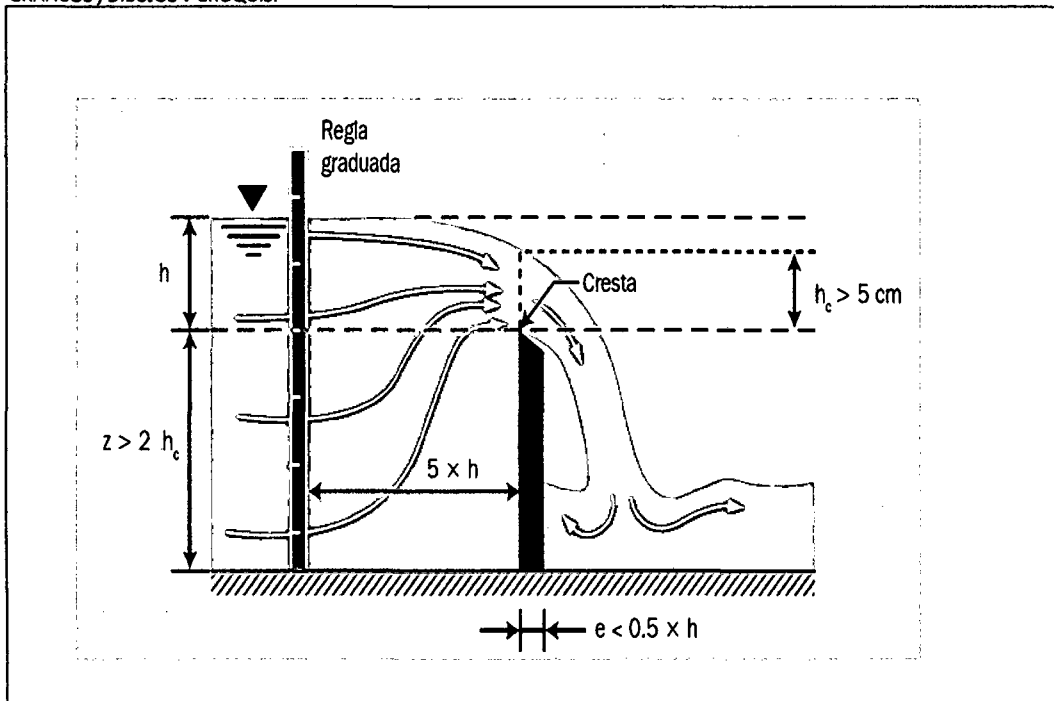
NOMBRE DE CANAL:	REMONTA II
NUMERO DE FICHA:	01
LUGAR:	TARTAR-BAÑOS DEL INCA
FECHA:	
DIA:	
HORA DE TOMA DE DATOS (QI):	

INVESTIGADOR:	MOISES RAFAEL RONCAL ABANTO
---------------	-----------------------------

CONDICION DE TIRANTE:	VERTEDOR AIREADO ()	VERTEDOR AHOGADO ()
-----------------------	----------------------	----------------------

VARIABLES	UNID.	N° DE AFOROS			CONDICION CLIMATICA	OBSERVACIONES
		1	2	3		
CARGAS HIDRAULICAS Y LONGITUD DE CRESTA (QI):						
CARGA HIDRAULICA (H) - QI:	m.					
LONGITUD DE CRESTA (L) - QI:	m.					

GRAFICOS, DIBUJOS Y CROQUIS:





ANEXO B

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES DE SALIDA
METODO DEL VERTEDERO DE PARED DELGADA - SECCION RECTANGULAR

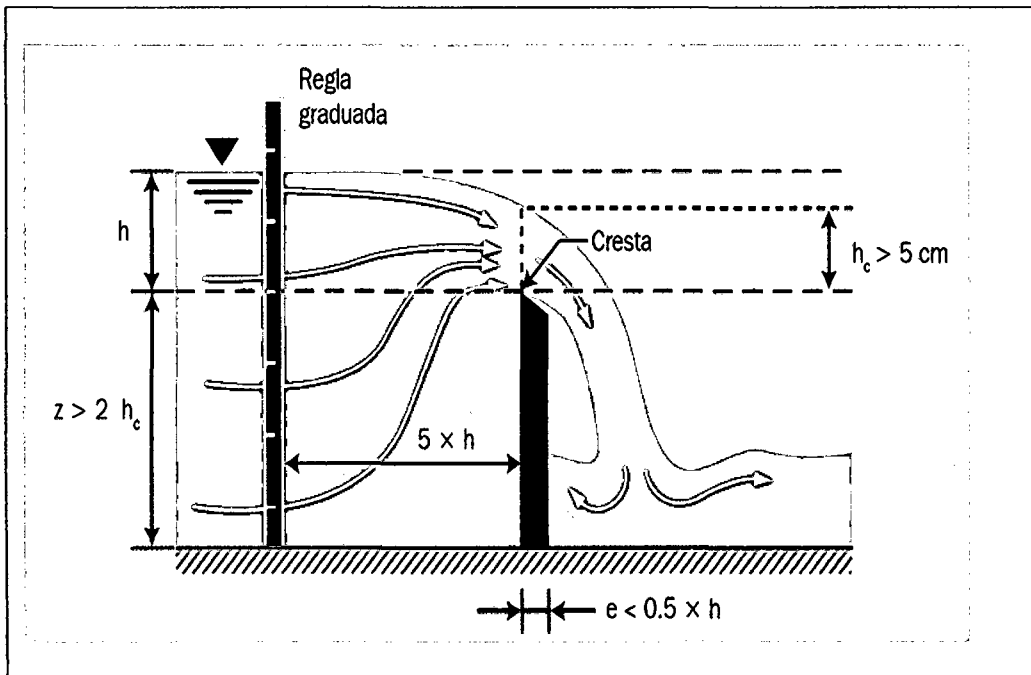
NOMBRE DE CANAL:	REMONTA II
NUMERO DE FICHA:	01
LUGAR:	TARTAR-BAÑOS DEL INCA
FECHA:	
DIA:	
HORA DE TOMA DE DATOS (QS):	

INVESTIGADOR:	MOISES RAFAEL RONCAL ABANTO
---------------	-----------------------------

CONDICION DE TIRANTE:	VERTEDOR AIREADO ()	VERTEDOR AHOGADO ()
-----------------------	----------------------	----------------------

VARIABLES	UNID.	N° DE AFOROS			CONDICION CLIMATICA	OBSERVACIONES
		1	2	3		
CARGAS HIDRAULICAS Y LONGITUD DE CRESTA (QS):						
CARGA HIDRAULICA (H) - QS:	m.					
LONGITUD DE CRESTA (L) - QS:	m.					

GRAFICOS , DIBUJOS Y CROQUIS:





ANEXO D

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 01. Bocatoma- inicio del canal Remonta II



Fotografía 02. Realización de toma de dimensiones del canal en tramo inicial



Fotografía 03. Recorrido del canal y estacamiento cada 100 metros



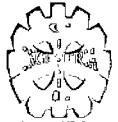
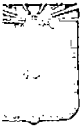
Fotografía 04. Equipo de aforo-vertedor rectangular para sección inicial



Fotografía 05. Equipo de aforo-vertedor rectangular para sección final



Fotografía 06. Colocación de equipo de aforo-vertedor rectangular



Fotografía 07. Sellado y aseguramiento del equipo para inicio de toma de datos



Fotografía 08. Presentación de zona airada en el vertedero



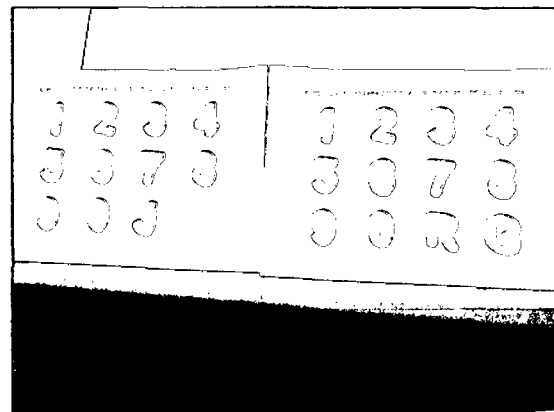
Fotografía 09. Vista panorámica del equipo de aforo en funcionamiento



Fotografía 10. Toma de datos de caudal de entrada



Fotografía 11. Obtención de medición después del aforo



Fotografía 12. Material de apoyo para códigos en la evaluación del estado del revestimiento



**Fotografía 13. Estacamiento para la
evaluación del estado del revestimiento**



**Fotografía 14. Rotura N° 01 del canal
con su respectivo código**



**Fotografía 15. Rotura N° 02 del canal
con su respectivo código**



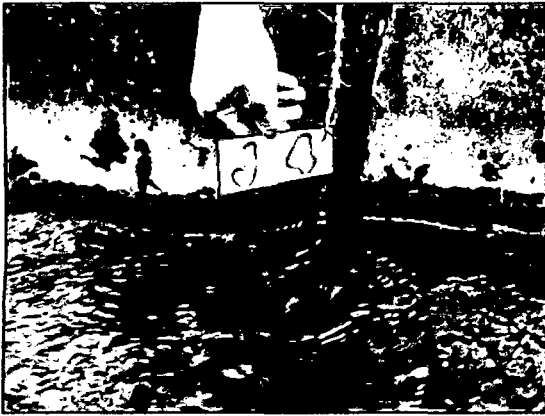
**Fotografía 16. Rotura N° 03 del canal
con su respectivo código**



**Fotografía 17. Rotura N° 04 del canal
con su respectivo código**



**Fotografía 18. Junta asfáltica N° 02 del
canal con su respectivo código**



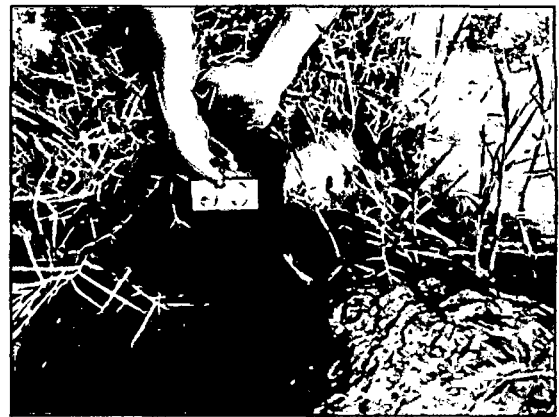
Fotografía 19. Junta asfáltica N° 04 del canal con su respectivo código



Fotografía 20. Presencia de grama y pasto en las juntas



Fotografía 21. Junta asfáltica N° 07 del canal con su respectivo código



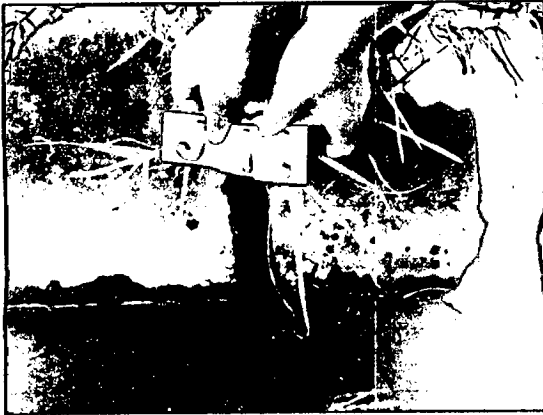
Fotografía 22. Junta asfáltica N° 09 del canal con su respectivo código



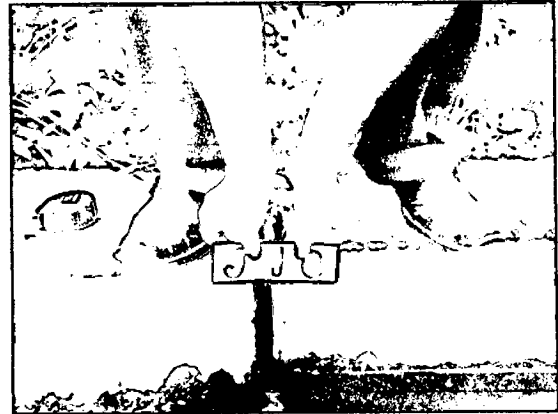
Fotografía 23. Junta asfáltica N° 10 del canal con su respectivo código



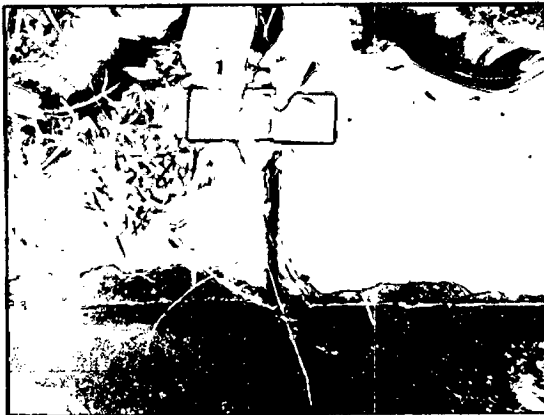
Fotografía 24. Junta asfáltica N° 11 del canal con su respectivo código



Fotografía 25. Junta asfáltica N° 12 del canal con su respectivo código



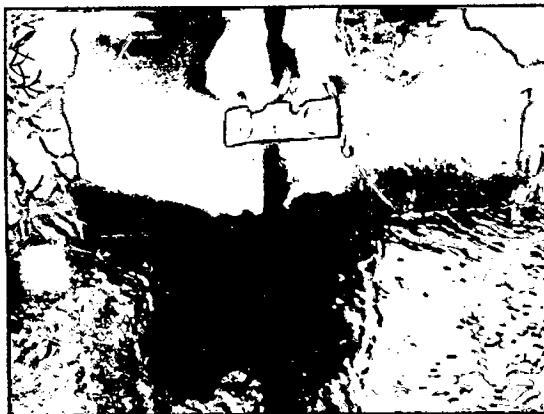
Fotografía 26. Junta asfáltica N° 16 del canal con su respectivo código



Fotografía 27. Junta asfáltica N° 19 del canal con su respectivo código y sin presencia de sello asfáltico



Fotografía 28. Junta asfáltica N° 27 del canal con su respectivo código y sin presencia de sello asfáltico



Fotografía 29. Junta asfáltica N° 30 del canal con su respectivo código y sin presencia de sello asfáltico



Fotografía 30. Junta asfáltica N° 31 del canal con su respectivo código y sin presencia de sello asfáltico



ANEXO E: PLANOS